

**OPTIMASI PEMANFAATAN AIR DI DAERAH IRIGASI  
TANGGUL KABUPATEN PASURUAN  
MENGUNAKAN PROGRAM LINIER**

**SKRIPSI**

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PEMANFAATAN DAN  
PENDAYAGUNAAN SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**FITRI RETNOWATI  
NIM. 145060401111003**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG**

**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**OPTIMASI PEMANFAATAN AIR DI DAERAH IRIGASI**  
**TANGGUL KABUPATEN PASURUAN**  
**MENGGUNAKAN PROGRAM LINIER**

**SKRIPSI**

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PEMANFAATAN DAN**  
**PENDAYAGUNAAN SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**FITRI RETNOWATI**  
**NIM. 145060401111003**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
Pada tanggal 31 Mei 2018

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Teknik Pengairan**

**Dosen Pembimbing**

**Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS.**  
**NIP. 19610131 198609 2 001**

**Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS.**  
**NIP. 19600907 198603 2 002**

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Skema Daerah Irigasi Tanggul.....	1
Lampiran 2.	Sistem pemberian air Daerah Irigasi Tanggul.....	2
Lampiran 3.	Proses <i>solver</i> setiap alternatif.....	3



**HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN**





## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Angka koreksi ( $c$ ) menurut <i>blaney criddle</i> .....	18
Tabel 2.2	Hubungan $P$ dan Letak Lintang (LL).....	18
Tabel 2.3	Angka koreksi ( $c$ ) untuk rumus radiasi .....	18
Tabel 2.4	Hubungan $t$ Dengan $w$ (untuk Indonesia, EL 0-500 M).....	19
Tabel 2.5	Harga $R\gamma$ untuk Indonesia (untuk Indonesia : $5^0$ s/d $10^0$ LS) .....	19
Tabel 2.6	Angka koreksi ( $c$ ) untuk rumus <i>penman modifikasi</i> .....	20
Tabel 2.7	Hubungan $t$ dengan $\varepsilon\gamma$ , $w$ , $f(t)$ .....	21
Tabel 2.8	Harga $R\gamma$ untuk Indonesia (Untuk Indonesia : $5^0$ s/d $10^0$ LS) .....	22
Tabel 2.9	Curah hujan efektif rata-rata bulanan dikaitkan dengan $ET_o$ rata-rata bulanan dan curah hujan rata-rata bulanan (USDA (SCS,1696) .....	28
Tabel 2.10	Besarnya debit andalan untuk berbagai keperluan.....	29
Tabel 2.11	Harga-harga koefisien tanaman periode 10 harian .....	34
Tabel 2.12	Hubungan jenis tanah dengan tingkat perkolasi .....	38
Tabel 2.13	Hubungan jenis tanah dengan tingkat perkolasi .....	38
Tabel 2.14	Angka perkolasi padi dan palawija.....	38
Tabel 2.15	Kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan.....	41
Tabel 2.16	Efisiensi berdasarkan standart perencanaan irigasi.....	44
Tabel 2.17	Pola tanam.....	48
Tabel 3.1	Data jaringan irigasi tanggul dengan luas baku .....	69
Tabel 4.1	Data curah hujan tahunan.....	78
Tabel 4.2	Uji konsistensi data curah hujan Stasiun Tanggul .....	78
Tabel 4.3	Data curah hujan Stasiun Tanggul setelah dikoreksi .....	80
Tabel 4.4	Data curah hujan Stasiun Bekacak setelah dikoreksi .....	81
Tabel 4.5	Data curah hujan Stasiun Bangil setelah dikoreksi .....	82
Tabel 4.6	Data curah hujan Stasiun Randupitu .....	83
Tabel 4.7	Data curah hujan Stasiun Winong setelah dikoreksi.....	84
Tabel 4.8	Data curah hujan tahunan setelah dikoreksi .....	85
Tabel 4.9	Perhitungan metode spearman Stasiun Tanggul.....	86
Tabel 4.10	Rekapitulasi perhitungan uji-t.....	87
Tabel 4.11	Data curah hujan Stasiun Tanggul Kelompok I .....	87
Tabel 4.12	Data curah hujan Stasiun Tanggul Kelompok II .....	87
Tabel 4.13	Rekapitulasi perhitungan uji-F.....	88
Tabel 4.14	Data curah hujan Stasiun Tanggul Kelompok I .....	88
Tabel 4.15	Data curah hujan Stasiun Tanggul Kelompok II .....	88
Tabel 4.16	Rekapitulasi perhitungan uji-t.....	89
Tabel 4.17	Perhitungan uji persistensi Stasiun Tanggul .....	90
Tabel 4.18	Rekapitulasi perhitungan uji-t.....	91
Tabel 4.19	Data curah hujan stasiun HujanTanggul (stasiun hujan 1).....	93
Tabel 4.20	Data curah hujan Stasiun Hujan Bekacak (stasiun hujan 2).....	94

Tabel 4.21	Data curah hujan Stasiun Hujan Bangil (stasiun hujan 3).....	95
Tabel 4.22	Data curah hujan Stasiun Hujan Randupitu (stasiun hujan 4).....	96
Tabel 4.23	Data curah hujan Stasiun Hujan Winong (stasiun hujan 5) .....	97
Tabel 4.24	Curah hujan rerata Daerah Irigasi Tanggul .....	98
Tabel 4.25	Probabilitas curah hujan andalan .....	100
Tabel 4.26	Curah hujan efektif untuk tanaman padi dan tebu .....	101
Tabel 4.27	Curah hujan efektif rata-rata bulanan dikaitkan dengan <i>ETo</i> .....	102
Tabel 4.28	Curah hujan efektif untuk tanaman palawija .....	103
Tabel 4.29	Rekapitulasi curah hujan efektif untuk tanaman .....	104
Tabel 4.30	Rekapitulasi data rerata klimatologi tahun 2007-2016 .....	105
Tabel 4.31	Perhitungan Evapotranspirasi Potensial .....	108
Tabel 4.32	Klasifikasi iklim metode <i>Oldeman</i> tahun 1990-2016.....	110
Tabel 4.33	Perhitungan metode data debit Pos Tanggul .....	113
Tabel 4.34	Data debit Pos Tanggul Kelompok I.....	114
Tabel 4.35	Data debit Pos Tanggul Kelompok II.....	114
Tabel 4.36	Data debit Pos Tanggul Kelompok I.....	114
Tabel 4.37	Data debit Pos Tanggul Kelompok II.....	114
Tabel 4.38	Perhitungan uji persistensi Pos Tanggul.....	116
Tabel 4.39	Data debit di Kali Tanggul periode 10 hari .....	118
Tabel 4.40	Probabilitas debit andalan dengan metode <i>Weibull</i> .....	119
Tabel 4.41	Kebutuhan air untuk penyiapan lahan .....	124
Tabel 4.42	Pola tata tanam eksisting .....	126
Tabel 4.43	Pola tata tanam kondisi eksisting .....	133
Tabel 4.44	Pola tata tanam alternatif 1 .....	134
Tabel 4.45	Pola tata tanam alternatif 2 .....	135
Tabel 4.46	Pola tata tanam alternatif 3 .....	136
Tabel 4.47	Pola tata tanam alternatif 4 .....	137
Tabel 4.48	Pola tata tanam alternatif 5 .....	138
Tabel 4.49	Pola tata tanam alternatif 6 .....	139
Tabel 4.50	Pola tata tanam alternatif 7 .....	140
Tabel 4.51	Volume ketersediaan air irigasi (debit andalan 80%) .....	142
Tabel 4.52	Volume ketersediaan air irigasi (debit andalan 50%).....	143
Tabel 4.53	Volume kebutuhan air irigasi pola tata tanam eksisting.....	145
Tabel 4.54	Volume kebutuhan air irigasi pola tata tanam alternatif 1 .....	146
Tabel 4.55	Volume kebutuhan air irigasi pola tata tanam alternatif 2 .....	147
Tabel 4.56	Volume kebutuhan air irigasi pola tata tanam alternatif 3 .....	148
Tabel 4.57	Volume kebutuhan air irigasi pola tata tanam alternatif 4 .....	149
Tabel 4.58	Volume kebutuhan air irigasi pola tata tanam alternatif 5 .....	150
Tabel 4.59	Volume kebutuhan air irigasi pola tata tanam alternatif 6 .....	151
Tabel 4.60	Volume kebutuhan air irigasi pola tata tanam alternatif 7 .....	152
Tabel 4.61	Analisis usaha tani padi tahun 2017 di Kabupaten Pasuruan .....	154
Tabel 4.62	Analisis usaha tani jagung tahun 2017 di Kabupaten Pasuruan .....	155
Tabel 4.63	Analisis usaha tani kedelai tahun 2017 di Kabupaten Pasuruan .....	155
Tabel 4.64	Analisis usaha tani kacang tanah tahun 2017 di Kabupaten Pasuruan .....	156
Tabel 4.65	Analisis usaha tani tebu tahun 2017 di Kabupaten Pasuruan .....	157

Tabel 4.66	Volume air tersedia menjadi variabel kendala.....	162
Tabel 4.67	Luas lahan menjadi variabel kendala.....	163
Tabel 4.68	Komponen model Musim Tanam I .....	164
Tabel 4.69	Komponen model Musim Tanam II.....	165
Tabel 4.70	Komponen model Musim Tanam III .....	166
Tabel 4.71	Model matematika kendala luas PTT eksisting .....	167
Tabel 4.72	Model matematika kendala luas PTT alt 1 .....	168
Tabel 4.73	Model matematika kendala luas PTT alt 2 .....	169
Tabel 4.74	Model matematika kendala luas PTT alt 3 ....	170
Tabel 4.75	Model Matematika kendala luas PTT alt 4.....	171
Tabel 4.76	Model Matematika kendala luas PTT alt 5 .....	172
Tabel 4.77	Model Matematika kendala luas PTT alt 6 .....	173
Tabel 4.78	Model matematika kendala luas PTT alt 7 .....	174
Tabel 4.79	Model matematika kendala volume ketersediaan PTT eksisting .....	175
Tabel 4.80	Model matematika kendala volume ketersediaan PTT alternatif 1 .....	176
Tabel 4.81	Model matematika kendala volume ketersediaan PTT alternatif 2 .....	177
Tabel 4.82	Model matematika kendala volume ketersediaan PTT alternatif 3 .....	178
Tabel 4.83	Model matematika kendala volume ketersediaan PTT alternatif 4 .....	179
Tabel 4.84	Model matematika kendala volume ketersediaan PTT alternatif 5 .....	180
Tabel 4.85	Model matematika kendala volume ketersediaan PTT alternatif 6.....	181
Tabel 4.86	Model matematika kendala volume ketersediaan PTT alternatif 7 .....	182
Tabel 4.87	Hasil optimasi PTT eksisting dengan debit andalan 80% .....	183
Tabel 4.88	Hasil optimasi PTT alternatif 1 dengan debit andalan 80% .....	184
Tabel 4.89	Hasil optimasi PTT alternatif 2 dengan debit andalan 80% .....	185
Tabel 4.90	Hasil optimasi PTT alternatif 3 dengan debit andalan 80% .....	186
Tabel 4.91	Hasil optimasi PTT alternatif 4 dengan debit andalan 80% .....	187
Tabel 4.92	Hasil optimasi PTT alternatif 5 dengan debit andalan 80% .....	188
Tabel 4.93	Hasil optimasi PTT alternatif 6 dengan debit andalan 80% .....	189
Tabel 4.94	Hasil optimasi PTT alternatif 7 dengan debit andalan 80% .....	190
Tabel 4.95	Hasil optimasi PTT eksisting dengan debit andalan 50% .....	191
Tabel 4.96	Hasil optimasi PTT alternatif 1 dengan debit andalan 50% .....	192
Tabel 4.97	Hasil optimasi PTT alternatif 2 dengan debit andalan 50% .....	193
Tabel 4.98	Hasil optimasi PTT alternatif 3 dengan debit andalan 50% .....	194
Tabel 4.99	Hasil optimasi PTT alternatif 4 dengan debit andalan 50% .....	195
Tabel 4.100	Hasil optimasi PTT alternatif 5 dengan debit andalan 50% .....	196
Tabel 4.101	Hasil optimasi PTT alternatif 6 dengan debit andalan 50% .....	197
Tabel 4.102	Hasil optimasi PTT alternatif 7 dengan debit andalan 50% .....	198
Tabel 4.103	Neraca air PTT eksisting berdasarkan debit andalan 80% .....	199
Tabel 4.104	Neraca air PTT alternatif 1 berdasarkan debit andalan 80% .....	201
Tabel 4.105	Neraca air PTT alternatif 2 berdasarkan debit andalan 80% .....	203
Tabel 4.106	Neraca air PTT alternatif 3 berdasarkan debit andalan 80% .....	205
Tabel 4.107	Neraca air PTT alternatif 4 berdasarkan debit andalan 80% .....	207
Tabel 4.108	Neraca air PTT alternatif 5 berdasarkan debit andalan 80% .....	209
Tabel 4.109	Neraca air PTT alternatif 6 berdasarkan debit andalan 80% .....	211
Tabel 4.110	Neraca air PTT alternatif 7 berdasarkan debit andalan 80% .....	213

Tabel 4.111	Neraca air PTT eksisting berdasarkan debit andalan 50% .....	215
Tabel 4.112	Neraca air PTT alternatif 1 berdasarkan debit andalan 50% .....	217
Tabel 4.113	Neraca air PTT alternatif 2 berdasarkan debit andalan 50% .....	219
Tabel 4.114	Neraca air PTT alternatif 3 berdasarkan debit andalan 50% .....	221
Tabel 4.115	Neraca air PTT alternatif 4 berdasarkan debit andalan 50% .....	223
Tabel 4.116	Neraca air PTT alternatif 5 berdasarkan debit andalan 50% .....	225
Tabel 4.117	Neraca air PTT alternatif 6 berdasarkan debit andalan 50% .....	227
Tabel 4.118	Neraca air PTT alternatif 7 berdasarkan debit andalan 50% .....	229
Tabel 4.119	Neraca air PTT eksisting berdasarkan debit andalan 80% .....	231
Tabel 4.120	Neraca air PTT alternatif 1 berdasarkan debit andalan 80% .....	233
Tabel 4.121	Neraca air PTT alternatif 2 berdasarkan debit andalan 80% .....	235
Tabel 4.122	Neraca air PTT alternatif 3 berdasarkan debit andalan 80% .....	237
Tabel 4.123	Neraca air PTT alternatif 4 berdasarkan debit andalan 80% .....	239
Tabel 4.124	Neraca air PTT alternatif 5 berdasarkan debit andalan 80% .....	241
Tabel 4.125	Neraca air PTT alternatif 6 berdasarkan debit andalan 80% .....	243
Tabel 4.126	Neraca air PTT alternatif 7 berdasarkan debit andalan 80% .....	245
Tabel 4.127	Neraca air PTT eksisting berdasarkan debit andalan 50% .....	247
Tabel 4.128	Neraca air PTT alternatif 1 berdasarkan debit andalan 50% .....	249
Tabel 4.129	Neraca air PTT alternatif 2 berdasarkan debit andalan 50% .....	251
Tabel 4.130	Neraca air PTT alternatif 3 berdasarkan debit andalan 50% .....	253
Tabel 4.131	Neraca air PTT alternatif 4 berdasarkan debit andalan 50% .....	255
Tabel 4.132	Neraca air PTT alternatif 5 berdasarkan debit andalan 50% .....	257
Tabel 4.133	Neraca air PTT alternatif 6 berdasarkan debit andalan 50% .....	259
Tabel 4.133	Neraca air PTT alternatif 7 berdasarkan debit andalan 50% .....	261
Tabel 4.135	Kondisi debit sebelum dan sesudah optimasi (debit andalan 80%).....	263
Tabel 4.136	Kondisi debit sebelum dan sesudah optimasi (debit andalan 50%) .....	263
Tabel 4.137	Luas tanam (debit andalan 80%) .....	265
Tabel 4.138	Luas tanam (debit andalan 50%) .....	266
Tabel 4.139	Intensitas tanam (debit andalan 80%) .....	267
Tabel 4.140	Intensitas tanam (debit andalan 50%).....	268
Tabel 4.141	Rekapitulasi keuntungan pertanian sebelum optimasi.....	268
Tabel 4.142	Rekapitulasi keuntungan maksimal (debit andalan 80%) .....	269
Tabel 4.143	Rekapitulasi keuntungan maksimal (debit andalan 50%) .....	270
Tabel 4.144	Rekapitulasi skor pemilihan alternatif (debit andalan 80%) .....	271
Tabel 4.145	Rekapitulasi skor pemilihan alternatif (debit andalan 50%) .....	272
Tabel 4.146	Jadwal pemberian air irigasi Daerah Irigasi Tanggul .....	274
Tabel 4.147	Jadwal pemberian air irigasi sistem rotasi .....	275

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

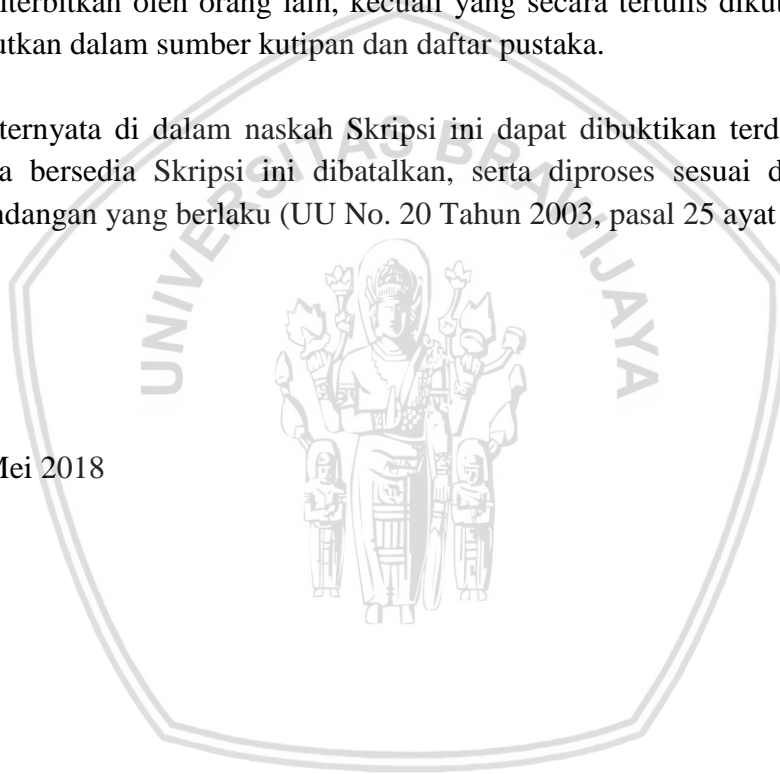
Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Malang, 31 Mei 2018

Mahasiswa,

**Fitri Retnowati**  
**145060401111003**







***Ucapan Terima kasih kepada :  
Tuhan Yang Maha Esa  
Bapak dan Ibu tercinta  
Dosen Teknik Pengairan  
Teman-teman Angkatan 2014***

**“Fa Inna Ma’al ‘Usri Yusra”**

**Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan (QS. 94:6)**

**Keep Study Hard, Work Hard, And Pray Hard**

## RINGKASAN

**Fitri Retnowati**, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Maret 2018, *Optimasi Pemanfaatan Air di Daerah Irigasi Tanggul Menggunakan Program Linier*, Dosen Pembimbing : Rini Wahyu Sayekti

Pemanfaatan sumber daya air untuk kebutuhan irigasi pada akhir-akhir ini dipengaruhi perubahan iklim. Dalam jangka waktu panjang, variabilitas dan keragaman iklim akan mengalami pergeseran musim dari rata-ratanya. Akibat adanya pergeseran musim, neraca air mengalami kondisi kelebihan (*surplus*) ataupun kekurangan (defisit). Sehingga diperlukan optimasi untuk mengoptimalkan pemanfaatan ketersediaan air irigasi serta perencanaan penyesuaian pola tata tanam untuk menghasilkan keuntungan hasil produksi pertanian maksimal serta mengatasi neraca air yang tidak seimbang.

Analisis neraca air menggunakan dua debit, yaitu debit andalan 80% dan debit andalan 50%. Studi ini menggunakan tujuh alternatif dalam model optimasinya berdasarkan luas tanam eksisting sebesar 728 ha. Teknik optimasi yang digunakan dalam studi ini merupakan Program Linier yang telah dirumuskan menjadi model matematik. Program komputer *solver* digunakan untuk membantu penentuan fungsi tujuan memaksimalkan hasil produksi pada setiap musim tanam  $Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n$  dengan variabel keputusan yaitu, luas tanam ( $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ). Dimana variabel kendala volume debit ( $V_{pdn} \cdot X_{na} + V_{pjn} \cdot X_{nb} + V_{tm} \cdot X_{nc} \leq V_{sn}$ ) dan luas lahan ( $X_{na} + X_{nb} + X_{nc} \leq X_t$ ).

Dari analisis neraca air, dipilih debit andalan 50% karena mendekati/mewakili debit-debit yang sudah ada di Daerah Irigasi Tanggul selama 10 tahun terakhir (2007-2016). Pola tata tanam yang dipilih terdapat pergeseran jadwal tanam yaitu padi, palawija (jagung), tebu- padi, palawija (kedelai), tebu- padi, palawija (kacang tanah), tebu. Sebelum dilakukan optimasi, intensitas tanam eksisting 287,5 %. Dari hasil optimasi, untuk debit andalan 80% (mewakili debit air rendah) berdasarkan pola tata tanam rencana yang terpilih menghasilkan intensitas tanam selama satu tahun sebesar 300% dengan keuntungan sebesar Rp.87.456.632.500,-. Debit andalan 50% (mewakili debit air normal) berdasarkan pola tata tanam rencana yang terpilih menghasilkan intensitas tanam selama satu tahun sebesar 300% dengan keuntungan sebesar Rp.95.438.280.000,-.

Kata kunci : irigasi, neraca air, optimasi, intensitas tanam, keuntungan hasil pertanian

## SUMMARY

**Fitri Retnowati**, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, March 2018, Optimization of Water Utilization in Tanggul's Irrigated Areas with Linear Programming, Academic Supervisor : Rini Wahyu Sayekti

The utilization of water resources for irrigation requirements recently influenced by climate change. In the long time, climate variability and diversity will season change from the average. As a result of season change, water balance had in excess condition (surplus) or lack condition (deficit). Therefore, optimization is needed to optimize the utilization of irrigation water as well as adjustment plan cropping layouts can make maximum agriculture profits and resolve unbalanced water balance.

Water balance analysis uses two debits, dependable discharge 80% and dependable discharge 50%. This study uses seven alternatives in optimization model based on existing cropping area of 728 ha. The optimization technic that used in this study is Linear Programming which is converted to mathematic model. Software Solver used to help in the determination of objective function which will be maximized agricultural production at growing season is  $Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n$  with conclusion variable are cropping land area ( $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ). Where constrain variables are volume of discharge ( $V_{pdn} \cdot X_{na} + V_{pjn} \cdot X_{nb} + V_{tn} \cdot X_{nc} \leq V_{sn}$ ) and land area ( $X_{na} + X_{nb} + X_{nc} \leq X_t$ ).

From the water balance analysis, dependable discharge 50% is chosen because approached/represented existing of discharges in Tanggul's irrigates area for last ten years (2007 until 2016). Selected cropping layouts by changing cropping schedule are rice, corn, sugarcane-rice, soybean, sugarcane-rice, peanut, sugarcane. Before optimization, the existing cropping intensity is 287,5%. From the optimization result for dependable discharge 80% (existing of discharges) based on the layout of cropping plan was chosen with cropped intensity for a year in amount 300% and profit in amount Rp. 87.456.632.500,-. Dependable discharge 50% (existing of discharges) based on the layout of cropping plan was chosen with cropped intensity for a year in amount 300% and profit in amount Rp. 95.438.280.000,-.

**Keywords:**irrigation, water balance, optimization, cropped intensity, agriculture profit



## PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan usulan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu teriring kepada nabi besar Muhammad SAW sebagai suri tauladan kita.

Laporan seminar usulan skripsi yang berjudul **“Optimasi Pemanfaatan Air Di Daerah Irigasi Tanggul Kabupaten Pasuruan Menggunakan Program Linier”**. Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa dalam pengerjaan laporan ini masih banyak kekurangan sehingga skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, dikarenakan keterbatasannya pengetahuan yang dimiliki penyusun.

Untuk itu pada kesempatan ini tak lupa saya ucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS. selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan banyak masukan, kritikan, saran serta pandangan mengenai pembahasan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng. Donny Harisuseno, ST., MT., Bapak M. Amar Sadjali, ST., MT., dan Ibu Prof. Dr. Ir. Lily Montarcih L., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah berkenan menguji serta memberikan saran dan masukan dalam skripsi ini.
3. Kedua orang tua, adek tercinta, dan Rizki Robbi Rahman Alam yang senantiasa selalu mendoakan, memberi bantuan baik secara moral dan materi, serta memberikan motivasi.
4. Teman-teman Teknik Pengairan 2014 yang telah memberi semangat, doa, serta bantuannya kepada penyusun.

Akhirnya penyusun menyadari bahwa dalam pembuatan usulan skripsi ini masih terdapat kekurangannya. Untuk itu penyusun mengharapkan masukan berupa kritik dan saran dari pembaca, serta penyusun berharap semoga usulan skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 31 Mei 2018

Penulis

**HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN**



**UNDANG – UNDANG REPUBLIK INDONESIA**  
**NOMOR 20 TAHUN 2003**  
**SISTEM PENDIDIKAN NASIONAL**

**Pasal 25 Ayat 3 :**

Lulusan Perguruan Tinggi Yang Karya Ilmiahnya Digunakan Untuk Memperoleh Gelar Akademik, Profesi, Atau Vokasi Terbukti Merupakan Jiplakan Dicabut Gelarnya.

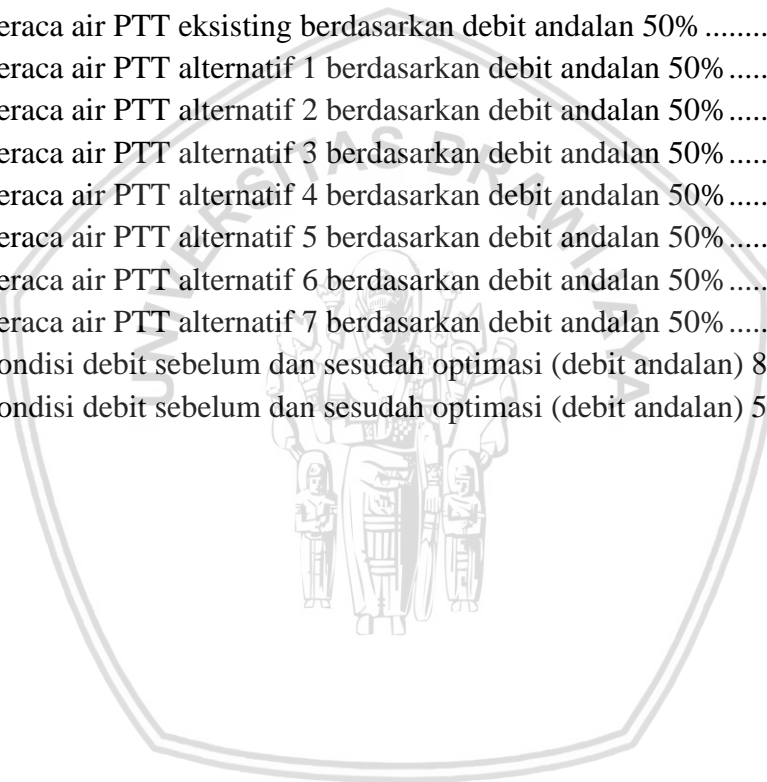
**Pasal 70 :**

Lulusan Yang Karya Ilmiah Yang Digunakan Untuk Mendapatkan Gelar Akademik, Profesi, Atau Vokasi Sebagaimana Dimakud Dalam Pasal 25 Ayat (2) Terbukti Merupakan Jiplakan Dipidana Penjara Paling Lama Dua Tahun Dan/Atau Pidana Denda Paling Banyak Rp. 200.000.000,00 ( Dua Ratus Juta Rupiah ).

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Neraca air kondisi eksisting tahun terakhir (2016-2017) .....	2
Gambar 1.2	Luas tanam per tahun Daerah Irigasi Tanggul.....	3
Gambar 2.1	Perubahan normal curah hujan tahun 1991-2010 terhadap Indonesia .....	9
Gambar 2.2	Perkiraan musim hujan 2017/2018 terhadap rata-rata tahun 1981-2010... ..	10
Gambar 2.3	Perkiraan musim kemarau 2017/2018 terhadap rata-rata 1981-2010.....	11
Gambar 2.4	Pengaruh cuaca dan iklim terhadap sektor pertanian .....	13
Gambar 2.5	Uji konsistensi data dengan kurva massa ganda.....	25
Gambar 2.6	Hubungan kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air tanaman .....	32
Gambar 2.7	Diagram kebutuhan air untuk konsumtif tanaman .....	36
Gambar 2.8	Model pola tanam .....	48
Gambar 2.9	Alternatif solusi .....	50
Gambar 2.10	Fasilitas <i>solver</i> dalam <i>microsoft excel</i> .....	55
Gambar 3.1	Peta administratif Daerah Irigasi Tanggul .....	62
Gambar 3.2	Lokasi studi.....	63
Gambar 3.3	Diagram alir optimasi program linier .....	75
Gambar 3.4	Diagram alir penyelesaian penelitian .....	76
Gambar 4.1	Grafik uji konsistensi data curah hujan Stasiun Tanggul.....	79
Gambar 4.2	Grafik uji konsistensi Stasiun Tanggul setelah dikoreksi .....	80
Gambar 4.3	Grafik uji konsistensi data curah hujan Stasiun Bekacak .....	81
Gambar 4.4	Grafik uji konsistensi data curah hujan Stasiun Bangil .....	82
Gambar 4.5	Grafik uji konsistensi data curah hujan Stasiun Randupitu.....	83
Gambar 4.6	Grafik uji konsistensi data curah hujan Stasiun Winong .....	84
Gambar 4.7	Grafik uji ketidakadaan <i>trend</i> Stasiun Tanggul .....	86
Gambar 4.8	<i>Trend</i> curah hujan rerata bulanan tahun 1990-2016.....	109
Gambar 4.9	Segitiga agroklimat Oldeman .....	111
Gambar 4.10	Grafik uji ketidakadaan <i>trend</i> Pos Tanggul .....	113
Gambar 4.11	Debit andalan 80% .....	119
Gambar 4.12	Debit andalan 50% .....	120
Gambar 4.13	Neraca air PTT eksisting berdasarkan debit andalan 80% .....	200
Gambar 4.14	Neraca air PTT alternatif 1 berdasarkan debit andalan 80% .....	202
Gambar 4.15	Neraca air PTT alternatif 2 berdasarkan debit andalan 80% .....	204
Gambar 4.16	Neraca air PTT alternatif 3 berdasarkan debit andalan 80% .....	206
Gambar 4.17	Neraca air PTT alternatif 4 berdasarkan debit andalan 80% .....	208
Gambar 4.18	Neraca air PTT alternatif 5 berdasarkan debit andalan 80% .....	210
Gambar 4.19	Neraca air PTT alternatif 6 berdasarkan debit andalan 80% .....	212
Gambar 4.20	Neraca air PTT alternatif 7 berdasarkan debit andalan 80% .....	214
Gambar 4.21	Neraca air PTT eksisting berdasarkan debit andalan 50% .....	216
Gambar 4.22	Neraca air PTT alternatif 1 berdasarkan debit andalan 50% .....	218
Gambar 4.23	Neraca air PTT alternatif 2 berdasarkan debit andalan 50% .....	220

Gambar 4.24	Neraca air PTT alternatif 3 berdasarkan debit andalan 50% .....	222
Gambar 4.25	Neraca air PTT alternatif 4 berdasarkan debit andalan 50% .....	224
Gambar 4.26	Neraca air PTT alternatif 5 berdasarkan debit andalan 50% .....	226
Gambar 4.27	Neraca air PTT alternatif 6 berdasarkan debit andalan 50% .....	228
Gambar 4.28	Neraca air PTT alternatif 7 berdasarkan debit andalan 50% .....	230
Gambar 4.29	Neraca air PTT eksisting berdasarkan debit andalan 80% .....	232
Gambar 4.30	Neraca air PTT alternatif 1 berdasarkan debit andalan 80% .....	234
Gambar 4.31	Neraca air PTT alternatif 2 berdasarkan debit andalan 80% .....	236
Gambar 4.32	Neraca air PTT alternatif 3 berdasarkan debit andalan 80% .....	238
Gambar 4.33	Neraca air PTT alternatif 4 berdasarkan debit andalan 80% .....	240
Gambar 4.34	Neraca air PTT alternatif 5 berdasarkan debit andalan 80% .....	242
Gambar 4.35	Neraca air PTT alternatif 6 berdasarkan debit andalan 80% .....	244
Gambar 4.36	Neraca air PTT alternatif 7 berdasarkan debit andalan 80% .....	246
Gambar 4.37	Neraca air PTT eksisting berdasarkan debit andalan 50% .....	248
Gambar 4.38	Neraca air PTT alternatif 1 berdasarkan debit andalan 50% .....	250
Gambar 4.39	Neraca air PTT alternatif 2 berdasarkan debit andalan 50% .....	252
Gambar 4.40	Neraca air PTT alternatif 3 berdasarkan debit andalan 50% .....	254
Gambar 4.41	Neraca air PTT alternatif 4 berdasarkan debit andalan 50% .....	256
Gambar 4.42	Neraca air PTT alternatif 5 berdasarkan debit andalan 50% .....	258
Gambar 4.43	Neraca air PTT alternatif 6 berdasarkan debit andalan 50% .....	260
Gambar 4.44	Neraca air PTT alternatif 7 berdasarkan debit andalan 50% .....	262
Gambar 4.45	Kondisi debit sebelum dan sesudah optimasi (debit andalan) 80% .....	263
Gambar 4.46	Kondisi debit sebelum dan sesudah optimasi (debit andalan) 50% .....	264



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Rumusan Masalah .....	4
1.5 Tujuan dan Manfaat.....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 Umum .....	5
2.2 Cuaca, Musim, Dan Iklim .....	5
2.3 Pergeseran Musim .....	6
2.4 Dampak Pergeseran Musim.....	12
2.5 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kebutuhan Air Irigasi .....	13
2.5.1 Evaporasi .....	13
2.5.2 Transpirasi .....	15
2.5.3 Evaporatranspirasi .....	16
2.5.3.1 Metode <i>Blaney Criddle</i> .....	17
2.5.3.2 Metode Radiasi.....	18
2.5.3.3 Metode <i>Penman Modifikasi</i> .....	19
2.6 Analisis Curah Hujan.....	23
2.6.1 Uji Konsistensi Data .....	24
2.6.2 Curah Hujan Andalan .....	26
2.6.3 Curah Hujan Efektif.....	26
2.6.3.1 Curah Hujan Efektif Untuk Tanaman Padi .....	27
2.6.3.2 Curah Hujan Efektif Untuk Tanaman Palawija .....	27
2.6.3.3 Curah Hujan Efektif Untuk Tanaman Tebu .....	28
2.7 Ketersediaan Air Irigasi .....	28
2.8 Kebutuhan Air Irigasi .....	31
2.8.1 Koefisien Tanaman.....	33
2.8.2 Kebutuhan Air Untuk Konsumtif Tanaman .....	34
2.8.3 Perkolasi .....	37
2.8.4 Penyiapan Lahan.....	39
2.8.5 Penggantian Lapisan Air ( <i>WLR</i> ).....	42



2.8.6 Efisiensi Irigasi .....	43
2.8.7 Pola Tata Tanam .....	45
2.8.7.1 Pola Tanam .....	45
2.8.7.2 Jadwal Tanam .....	48
2.9 Neraca Air .....	49
2.10 Model Optimasi .....	50
2.10.1 Optimasi Dengan Program Linier .....	51
2.10.2 Formulasi Program Linier .....	52
2.10.3 Penyelesaian Program Linier .....	54
2.10.4 Penyelesaian Fasilitas <i>Solver</i> .....	54
2.11 Sistem Pemberian Air Irigasi .....	56
2.11.1 Sistem Pemberian Air Irigasi Rotasi .....	56
2.11.2 Sistem Pemberian Air Irigasi Giliran .....	57
2.11.3 Sistem Pemberian Air Irigasi Golongan .....	58
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Umum .....	61
3.2 Deskripsi Daerah Studi .....	61
3.3 Kondisi Daerah Studi .....	62
3.3.1 Keadaan Geografi .....	62
3.3.2 Keadaan Geologis .....	63
3.3.3 Keadaan Topografi .....	63
3.3.4 Keadaan Iklim Dan Curah Hujan .....	65
3.3.5 Keadaan Hidrologi .....	66
3.3.6 Keadaan Ekonomi Dan Sosial Daerah .....	67
3.4 Kondisi Daerah Irigasi Tanggul .....	67
3.5 Data Teknis Yang Diperlukan .....	70
3.6 Pendekatan Penyelesaian Masalah .....	71
3.7 Langkah-Langkah Pengolahan Data .....	72
3.8 Skenario Optimasi .....	73
3.9 Tahapan Penyelesaian Penelitian .....	75
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b>	
4.1 Analisis Curah Hujan .....	77
4.1.1 Uji Konsistensi Data Curah Hujan .....	77
4.1.2 Uji Ketidakadaan <i>Trend</i> .....	85
4.1.3 Uji Stasioner .....	87
4.1.4 Uji Persistensi .....	89
4.2 Curah Hujan Wilayah/Daerah .....	91
4.3 Curah Hujan Andalan Dan Curah Hujan Efektif .....	99
4.4 Perhitungan Evapotranspirasi Potensial .....	105
4.5 Klasifikasi Iklim <i>Oldeman</i> .....	109
4.6 Uji Statistik Data Debit .....	112
4.6.1 Uji Ketidakadaan <i>Trend</i> .....	112
4.6.2 Uji Stasioner .....	113
4.6.3 Uji Persistensi .....	115

4.7	Debit Andalan Untuk Ketersediaan Air.....	116
4.8	Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kebutuhan Air Irigasi.....	120
4.8.1	Koefisien Tanaman.....	121
4.8.2	Evapotranspirasi Potensial.....	121
4.8.3	Penggunaan Air Konsumtif (Evapotranspirasi Tanaman).....	121
4.8.4	Curah Hujan Efektif.....	121
4.8.5	Perkolasi .....	122
4.8.6	Penyiapan Lahan.....	122
4.8.7	Penggantian Lapisan Air ( $Wlr$ ).....	125
4.8.8	Efisiensi Irigasi .....	125
4.9	Pola Tata Tanam.....	125
4.9.1	Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi.....	127
4.10	Volume Air Irigasi.....	141
4.10.1	Volume Ketersediaan Air Irigasi.....	141
4.10.2	Volume Kebutuhan Air Irigasi .....	144
4.11	Analisis Hasil Usaha Tani .....	153
4.12	Pemodelan Optimasi Program Linier .....	157
4.13	Komponen Model Optimasi Dengan Program Linier .....	159
4.14	Perhitungan Optimasi Dengan Program Linier .....	183
4.15	Perhitungan Neraca Air Sebelum Optimasi.....	198
4.16	Perhitungan Neraca Air Setelah Optimasi.....	230
4.17	Rekapitulasi Nilai Optimum.....	262
4.17.1	Rekapitulasi Kondisi Debit.....	262
4.17.2	Rekapitulasi Luas Tanam .....	264
4.17.3	Rekapitulasi Intensitas Tanam.....	266
4.17.4	Rekapitulasi Keuntungan Hasil Pertanian .....	267
4.18	Pemilihan Alternatif.....	271
4.19	Sistem Pemberian Air Irigasi.....	273

## **BAB V PENUTUP**

5.1	Kesimpulan.....	277
5.2	Saran .....	278

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**



**HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN**



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam kurun waktu tiga puluh tahun terakhir, kajian permasalahan sumber daya air dalam bidang pertanian semakin kompleks. Permasalahan yang mempunyai pengaruh signifikan pada ketersediaan dan kebutuhan air yaitu perubahan iklim. Dalam jangka waktu panjang, variabilitas dan keragaman iklim akan mengalami pergeseran musim dari rata-ratanya. Pergeseran musim juga dapat didekati dari perubahan jumlah curah hujan yang diterima suatu lokasi tertentu. Perubahan jumlah dan pola curah hujan menyebabkan fluktuasi pada debit sungai sehingga menimbulkan masalah debit di *intake* pada musim kemarau dan musim hujan. Pergeseran musim mempengaruhi ketersediaan air pada musim-musim tertentu. Ketersediaan air dapat mengalami kondisi kelebihan (surplus) ataupun kekurangan (defisit).

Kondisi ketersediaan air yang mengalami defisit maupun surplus memerlukan adanya penanganan. Kondisi yang defisit akan mempengaruhi hasil produktivitas pertanian sehingga keuntungan yang diperoleh dari hasil pertanian cenderung menurun. Padahal pertumbuhan penduduk yang semakin cepat sehingga hasil produksi pertanian dituntut untuk meningkat. Sedangkan untuk kondisi ketersediaan air yang surplus, perlu adanya perhatian pemanfaatan kembali kelebihan air irigasi sehingga meminimalisir terbuangnya air secara sia-sia.

Oleh karena itu perlu adanya peningkatan pola operasi dengan pemanfaatan air irigasi secara efektif dan efisien. Perlunya perencanaan pemanfaatan air irigasi menjadi sangat penting sebagai gambaran dalam pembagian air dan menentukan rencana pola tata tanam baru yang ideal sehingga lahan dapat diairi secara optimal diharapkan meningkatkan intensitas tanam dan keuntungan hasil produksi pertanian.

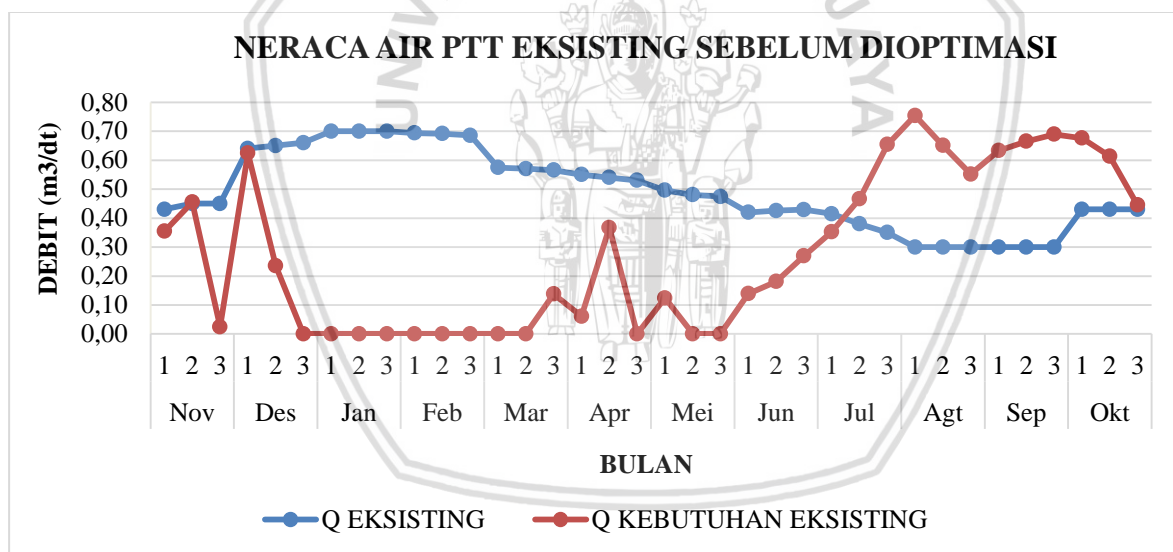
Lokasi studi pada Daerah Irigasi Tanggul yang berada di Kabupaten Pasuruan memiliki luas baku sawah 728 ha yang berfungsi sebagai sarana dan prasarana menunjang Program Peningkatan Beras Nasional (P2BN) dalam rangka peningkatan produksi pangan. Daerah Irigasi Tanggul terdiri dari enam jaringan irigasi yaitu, Jaringan Irigasi Tanggul 645 ha, Jaringan Irigasi Sumber Gunung Sari 40 ha, Jaringan Irigasi Sumber Sidowayah 32 ha, dan Jaringan Irigasi Sumber Mindi 11 ha. Untuk mencapai target tersebut diatas, memerlukan pembuatan model optimasi dan analisis optimasi yang akan memberikan

informasi terhadap pemanfaatan air irigasi untuk memenuhi tiap-tiap fungsi tujuan dan kendala. Optimasi adalah suatu rancangan dalam pemecahan masalah model-model perencanaan dengan mendasarkan pada fungsi matematika yang membatasi sehingga merupakan suatu proses sistem untuk menghasilkan keputusan terbaik (Montarcih Limantara, L. dan Azis Hoessein, Abdul. 2010, p.3).

### 1.2. Identifikasi Masalah

Daerah Irigasi Tanggul yang berada di Kabupaten Pasuruan memiliki luas baku sawah 728 ha. Irigasi pada Daerah Irigasi Tanggul melakukan pengambilan dari Bendung Tanggul yang membendung Kali Tanggul, kemudian saluran irigasi yang membawa, bangunan bagi dan bagi sadap yang membagi secara proporsional sampai ke petak-petak tersier maupun kwarter secara efektif dan efisien.

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat diidentifikasi kurang optimalnya keseimbangan air sehingga mengalami surplus dan defisit debit pada musim tanam tertentu. Hal ini dibuktikan pada Gambar 1.1.

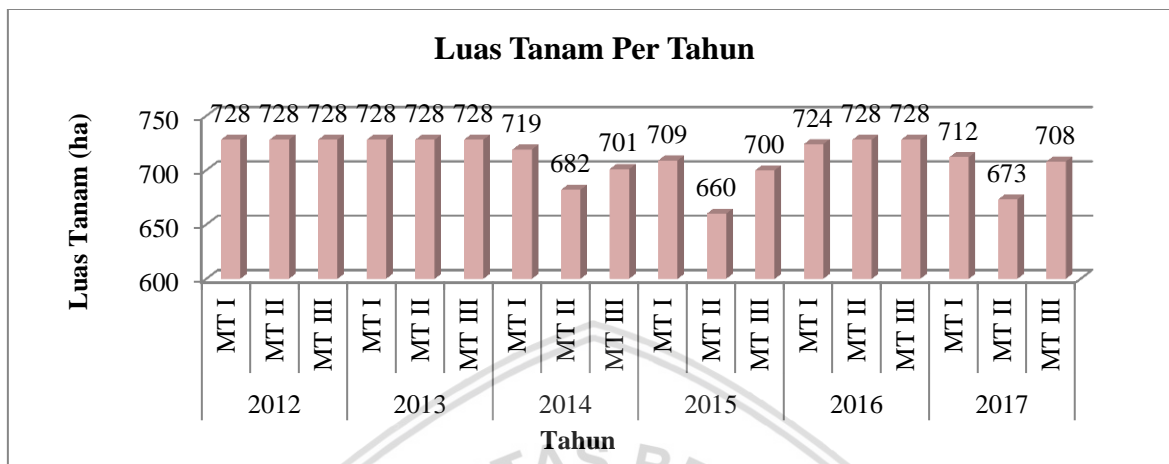


Gambar 1.1 Debit kebutuhan dan ketersediaan air tahun terakhir (2016-2017)

Sumber: Data Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan, 2017

Dinas pengairan setempat merencanakan Pola Tata Tanam Global (RTTG) berdasarkan rencana luas tanam yang diusulkan oleh Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Pengairan Bangil sesuai ketersediaan air dan luas lahan. Namun, jadwal rencana tanam, jenis dan luas tanaman yang diterapkan kondisi eksisting masih belum menyesuaikan pergeseran musim dalam kurun tiga puluh tahun terakhir. Penyimpangan seperti ini mengakibatkan mengakibatkan defisit air pada musim tanam tertentu.

Selain itu, adanya lahan pertanian Daerah Irigasi Tanggul sebesar 728 ha yang masih belum dimanfaatkan secara optimal. Pada tahun 2017 pada Musim Tanam I dimanfaatkan 712 ha, Musim Tanam II 673 ha, dan Musim Tanam III 708 ha. Dibuktikan adanya penurunan produktivitas tanam pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Luas tanam per tahun Daerah Irigasi Tanggul

Sumber: Data Dinas Pertanian Kabupaten Pasuruan, 2017

Adanya lahan pertanian yang masih belum dimanfaatkan juga menimbulkan permasalahan terhadap penurunan intensitas tanam dan hasil produksi pertanian. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu adanya optimasi pemanfaatan air dengan input (debit air pada musim penghujan dan musim kemarau) yang kemudian menghasilkan output (pergeseran pola tata tanam, intensitas tanam, serta keuntungan maksimal hasil pertanian).

### 1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang ada serta mengacu pada penelitian ini maka diambil batasan masalah. Batasan masalah tersebut meliputi:

1. Objek studi adalah optimasi pemanfaatan air irigasi di Daerah Irigasi Tanggul Kabupaten Pasuruan menggunakan program linier.
2. Studi ini dilakukan di Daerah Irigasi Tanggul dengan luas baku sawah 728 ha.
3. Pemanfaatan air Kali Tanggul hanya untuk kebutuhan irigasi.
4. Data curah hujan yang dianalisis terbatas pada data curah hujan harian selama 26 tahun terakhir.
5. Data debit yang dianalisis terbatas pada data debit bulanan periode 10 harian Kali Tanggul selama 10 tahun terakhir.
6. Analisis neraca air dengan membandingkan debit ketersediaan air dan kebutuhan air irigasi di Daerah Irigasi Tanggul untuk mengetahui kondisi defisit atau surplus.

7. Awal penanaman untuk semua tanaman menyesuaikan Rencana Tata Tanam Global (RTTG) yang tersedia di Daerah Irigasi Tanggul.
8. Kajian perhitungan optimasi dilakukan berdasarkan ketersediaan air irigasi, luas tanam, dan keuntungan produksi hasil pertanian dihitung dalam periode musim tanam.
9. Penyelesaian akhir optimasi diselesaikan dengan menggunakan program linier menggunakan *software solver*.
10. Tidak membahas penyebab kehilangan air di saluran.
11. Tidak membahas sistem pemeliharaan sarana irigasi.

#### 1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan batasan masalah diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana kondisi neraca air di Daerah Irigasi Tanggul?
2. Berapa luas tanam optimum terhadap keuntungan maksimum hasil produksi pertanian di Daerah Irigasi Tanggul dengan perubahan alternatif pola tata tanam setelah dilakukan optimasi menggunakan program linier?
3. Bagaimana intensitasi tanam setelah dilakukan optimasi di Daerah Irigasi Tanggul?

#### 1.5. Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui neraca air pada pola tata tanam eksisting pada Daerah Irigasi Tanggul.
2. Untuk mendapatkan luas tanam optimum yang ditanami dengan keuntungan maksimum hasil produksi pertanian di Daerah Irigasi Tanggul setelah dilakukan optimasi menggunakan program linier.
3. Untuk mengetahui intensitas tanam dari beberapa alternatif pola tata tanam setelah dilakukan optimasi di Daerah Irigasi Tanggul.

Sedangkan manfaat dari studi ini sebagai berikut.

1. Mengatasi neraca air yang tidak seimbang di Daerah Irigasi Tanggul.
2. Mendapatkan pola tata tanam yang ideal untuk meningkatkan keuntungan hasil produksi pertanian dengan luas tanam optimum yang dapat ditanami di Daerah Irigasi Tanggul.
3. Meningkatkan intensitas tanam dari beberapa alternatif pola tata tanam di Daerah Irigasi Tanggul.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Irigasi secara umum didefinisikan sebagai cara-cara pengelolaan dan pemanfaatan air yang ada (di/pada tanah) untuk keperluan mencukupi pertumbuhan dan tumbuhnya tanaman terutama bagi tanaman pokok (di Indonesia yang utama ditujukan untuk tanaman padi dan palawija) (Bardan, 2014, p.9).

Bidang irigasi sangat rentan terhadap permasalahan ketersediaan dan kebutuhan air irigasi yang mencukupi. Permasalahan yang mempunyai pengaruh signifikan pada ketersediaan dan kebutuhan air yaitu perubahan iklim. Dalam jangka panjang, variabilitas dan keragaman iklim akan mengalami pergeseran musim dari rata-ratanya. Pergeseran musim yang semakin kerap terjadi akan sangat nyata pengaruhnya terhadap surplus dan defisit debit pada musim tanam tertentu. Oleh karena itu, diperlukan optimalisasi sehingga perlu adanya optimasi pemanfaatan air pada daerah irigasi yang diairi agar dapat menghasilkan keuntungan produktivitas yang maksimal serta rencana pembagian air yang tepat.

#### **2.2. Cuaca, Musim, dan Iklim**

Cuaca adalah keadaan udara pada saat tertentu dan di wilayah tertentu yang relatif sempit dan pada jangka waktu yang singkat berubah keadaannya. Misalnya: pagi hari, siang hari atau sore hari, dan keadaannya bisa berbeda-beda untuk setiap tempat serta setiap jamnya. Di Indonesia keadaan cuaca selalu diumumkan untuk jangka waktu sekitar 24 jam melalui prakiraan cuaca yang dikembangkan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

Iklim adalah keadaan cuaca rata-rata dalam waktu satu tahun yang menyelidikannya dilakukan dalam waktu yang panjang ( $\pm$  minimal 30 tahun) dan meliputi wilayah yang luas. Hidrologi suatu wilayah berkaitan erat pengaruhnya dengan iklim daerah setempat (Sarjani, 2009, p.6).

Dayantolis (2016) menyebutkan musim adalah periode dengan unsur iklim yang mencolok, misalnya dalam musim kemarau maka unsur iklim yang mencolok adalah suhu udara yang tinggi, dalam musim hujan maka unsur iklim yang mencolok adalah jumlah curah hujan yang berlimpah.



Merujuk pada kedua definisi tersebut, dapat dikatakan musim hujan adalah keadaan iklim dalam periode tertentu yang banyak terjadi atau sering berlangsung hujan. Sebaliknya musim kemarau adalah keadaan iklim dalam periode tertentu banyak terjadi atau sering berlangsung keadaan tanpa hujan. Seberapa banyak atau seberapa sering hujan atau tidak hujan dalam konsep BMKG ditentukan oleh curah hujan dalam 10 harian (dasarian).

Ada beberapa unsur yang mempengaruhi cuaca dan iklim, yaitu (Sarjani, 2009, p.6):

1. Suhu udara adalah keadaan panas atau dinginnya udara. Alat untuk mengukur suhu udara atau derajat panas disebut termometer. Biasanya pengukuran dinyatakan dalam skala *Celcius* (C), *Reamur* (R), dan *Fahrenheit* (F).
2. Tekanan udara adalah suatu gaya yang timbul akibat adanya berat dari lapisan udara. Besarnya tekanan udara di setiap tempat pada suatu saat berubah-ubah. Semakin tinggi suatu tempat dari permukaan laut, makin rendah tekanan udaranya. Hal ini disebabkan karena makin berkurangnya udara yang menekan. Besarnya tekanan udara diukur dengan barometer dan dinyatakan dengan milibar (mb).
3. Kelembaban udara adalah banyaknya uap air yang terkandung dalam massa udara pada saat dan tempat tertentu.
4. Angin menurut hukum *Buys Ballot* merupakan udara yang bergerak dari daerah bertekanan udara maksimum ke daerah bertekanan udara minimum.
5. Penyinaran matahari adalah penerimaan energi matahari oleh permukaan bumi dalam bentuk sinar – sinar gelombang pendek yang menembus atmosfer.
6. Curah hujan yaitu jumlah air hujan yang turun pada suatu daerah dalam waktu tertentu. Alat untuk mengukur banyaknya curah hujan disebut *rain gauge*. Curah hujan diukur dalam harian, bulanan, dan tahunan.

### 2.3. Pergeseran Musim

Dayantolis (2016) menyebutkan pertanda dimulainya musim hujan berdasarkan jumlah curah hujan dalam satu dasarian sama atau lebih besar dari 50 mm dan diikuti oleh dua dasarian berikutnya. Adapun pertanda dimulainya musim kemarau berdasarkan jumlah curah dalam satu dasarian kurang dari 50 mm dan diikuti oleh dua dasarian berikutnya. Penetapan periode tersebut dengan merata-ratakan curah hujan pada masing-masing dasarian selama 30 tahun.

Hasil rata-rata curah hujan masing-masing dasarian tersebut kemudian dinyatakan sebagai nilai normal yang dalam konteks penentuan awal musim disebut sebagai normal

musim karena menjadi *threshold* antara musim hujan dan musim kemarau. Penetapan normal curah hujan yang merupakan bagian dari normal iklim dengan menggunakan data selama 30 tahun sejalan yang telah di atur oleh *World Meteorological Organization* (WMO). Menurut WMO (2007) normal iklim dinyatakan sebagai rata-rata periode yang dihitung untuk jangka waktu yang seragam dan relatif panjang terdiri setidaknya tiga periode sepuluh tahun berturut-turut.

Menurut Dayantolis (2016), konsep musim dengan *threshold* 50 mm perdasarian maka kelas interval hanya ada 2 (dua) kelas yaitu kelas data dengan curah hujan kurang dari 50 mm dan yang lebih dari atau sama dengan 50 mm dalam masing-masing dasarian selama 30 tahun. Penetapan suatu dasarian sebagai musim hujan atau sebagai musim kemarau ditentukan sebagai berikut:

- Dasarian yang memiliki frekuensi curah hujan  $\geq 50$  mm sebesar  $\geq 50,0$  % dikategorikan sebagai dasarian musim hujan.
- Dasarian yang memiliki frekuensi curah hujan  $< 50$  mm sebesar  $> 50,0$  % dikategorikan sebagai dasarian musim kemarau.
- Jika tidak ditemukan adanya 3 dasarian berturut-turut maka dilakukan dengan melihat curah hujan bulanan dimana  $< 150$  mm untuk musim kemarau dan  $\geq 150$  mm untuk musim hujan.
- Awal musim berada disekitar normal musim dengan jarak  $\pm 3$  dasarian.

Dalam jangka panjang, variabilitas dan keragaman iklim akan mengalami pergeseran musim dari rata-ratanya terutama akibat dari perubahan iklim. Menurut Limantara (2010) perubahan iklim merupakan suatu perubahan kondisi iklim yang terkait dengan aktivitas manusia baik secara langsung maupun tidak langsung yang mengubah komposisi atmosfer global diamati dalam jangka waktu panjang. Perubahan ini diindikasikan meningkatnya fluktuasi, frekuensi, dan intensitas kejadian iklim yang ekstrim antara lain, adanya bencana kekeringan, banjir, dan pergeseran musim. Pergeseran musim dapat didekati dari perubahan jumlah dan pola curah hujan yang diterima suatu lokasi tertentu.

Musim penghujan terjadi pada bulan Oktober-Maret. Antara bulan Oktober-Maret, angin timur laut akan melintasi garis ekuator. Angin ini mengakibatkan hujan lebat mula-mula pada bagian utara Indonesia, kemudian bergerak ke bagian selatan dan tenggara Indonesia. Sebaliknya, musim kemarau terjadi pada bulan April-September. Angin akan bergerak dari arah tenggara, melintasi Benua Australia sebelum sampai ke wilayah Indonesia. Oleh sebab itu, angin dari arah tenggara ini sedikit sekali mengandung uap air.

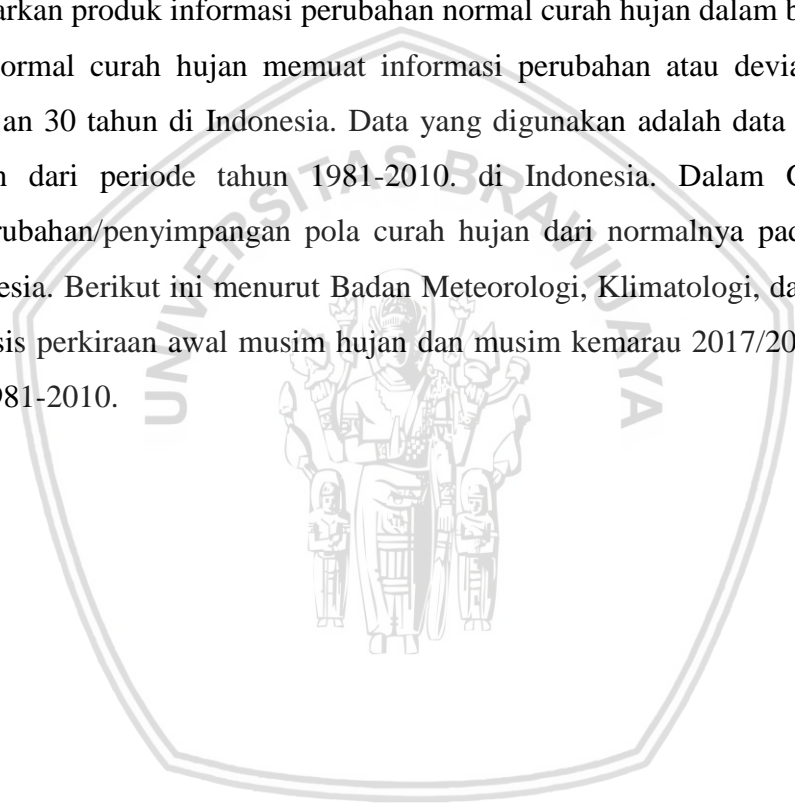


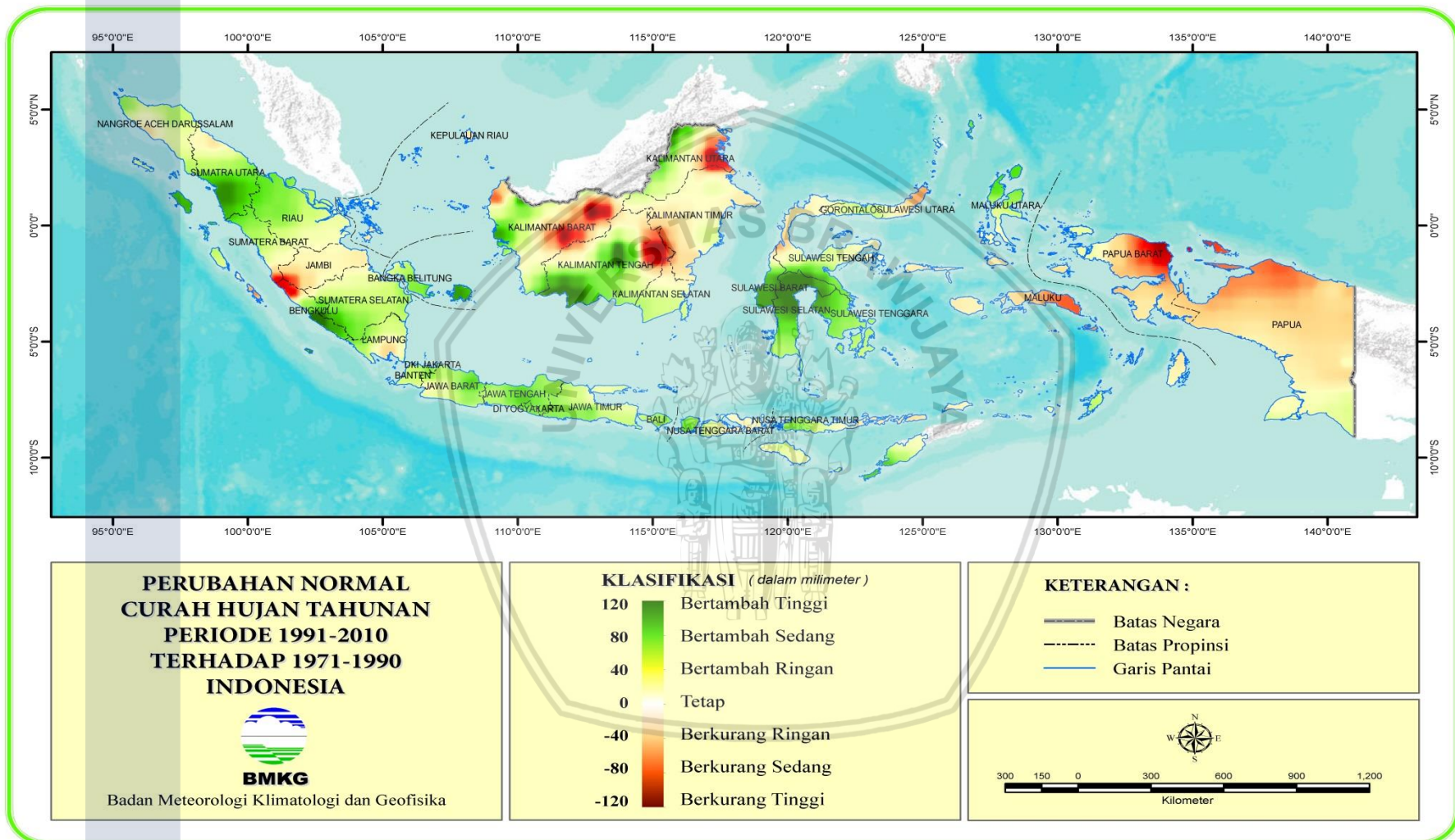
Angin kering ini mula-mula memasuki wilayah bagian tenggara dan selatan Indonesia, tetapi kemudian terus menyusup ke wilayah utara Indonesia.

Secara umum, untuk wilayah Indonesia di sekitar garis ekuator dicirikan oleh musim kemarau yang singkat dan musim hujan yang panjang. Musim kemarau secara berangsur-angsur menjadi lebih panjang untuk wilayah yang lebih jauh dari garis ekuator ke arah selatan dan tenggara.

Indikasi fenomena perubahan iklim di Indonesia dapat diamati dari perubahan pola curah hujan rata-rata di beberapa wilayah di Indonesia. Guna mengidentifikasi wilayah-wilayah yang mengalami perubahan pola curah hujan jangka panjang di Indonesia, maka BMKG mengeluarkan produk informasi perubahan normal curah hujan dalam bentuk atlas.

Perubahan normal curah hujan memuat informasi perubahan atau deviasi terhadap normal curah hujan 30 tahun di Indonesia. Data yang digunakan adalah data curah hujan rata-rata bulanan dari periode tahun 1981-2010. di Indonesia. Dalam Gambar 2.1 diperlihatkan perubahan/penyimpangan pola curah hujan dari normalnya pada 10 tahun terakhir di Indonesia. Berikut ini menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika merupakan analisis perkiraan awal musim hujan dan musim kemarau 2017/2018 terhadap rata-rata tahun 1981-2010.





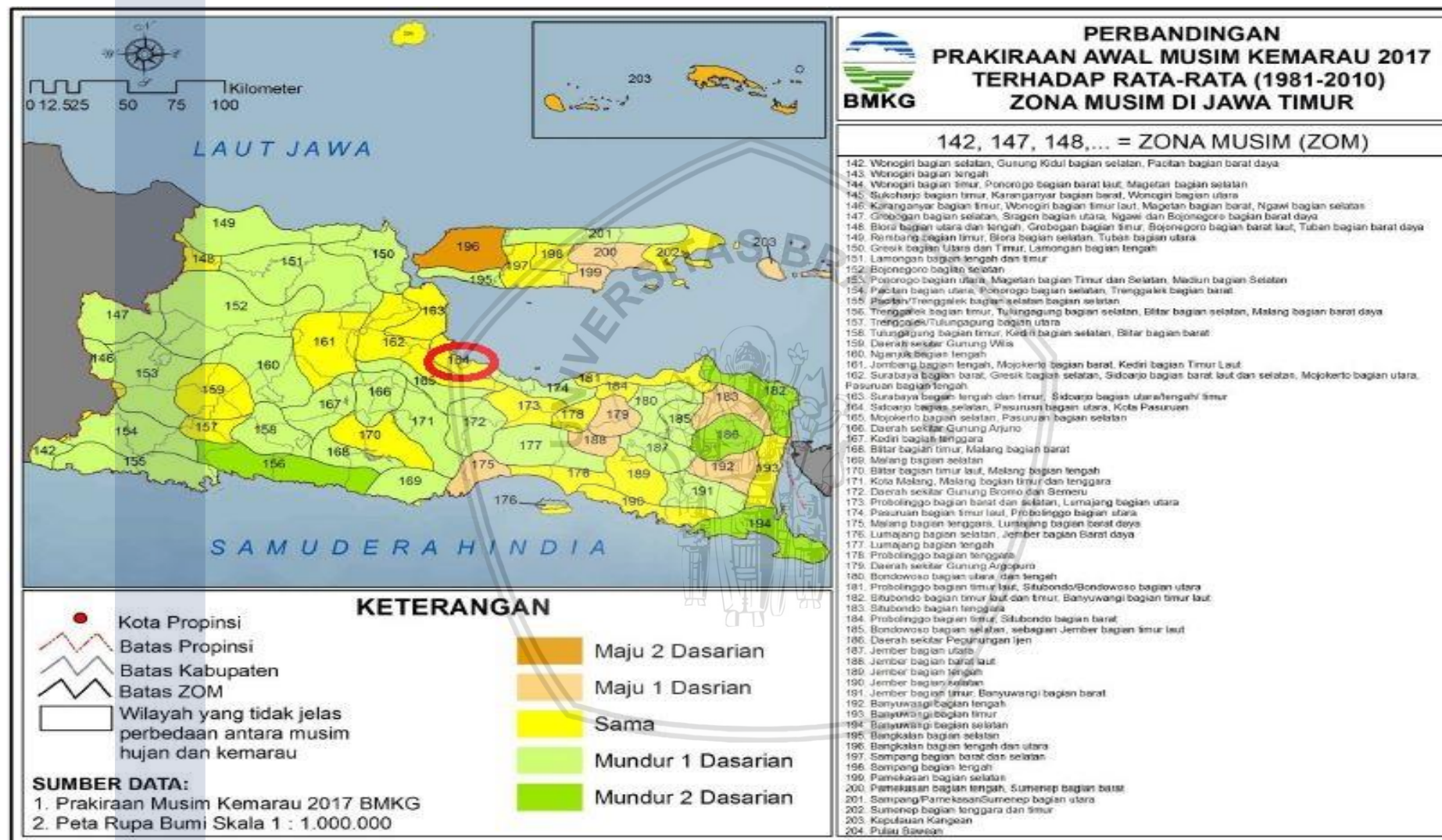
Gambar 2.1 Perubahan normal curah hujan tahun 1991-2010 terhadap Indonesia  
Sumber: [www.bmkg.go.id](http://www.bmkg.go.id)



Gambar 2.2 Perkiraan awal musim hujan 2017/2018 terhadap rata-rata tahun 1981-2010

Sumber: [www.bmkg.go.id](http://www.bmkg.go.id)





Gambar 2.3 Perkiraan awal musim kemarau 2017/2018 terhadap rata-rata tahun 1981-2010  
Sumber: [www.bmkg.go.id](http://www.bmkg.go.id)

#### 2.4. Dampak Pergeseran Musim

Pergeseran musim merupakan faktor yang membatasi kegiatan pertanian. Pergeseran musim mempengaruhi sektor pertanian baik secara langsung maupun tidak langsung diantaranya melalui efeknya terhadap suhu dan perubahan curah hujan. Oleh karena itu, pada umumnya musim tanam disesuaikan dengan kondisi musim setempat.

Menurut Pramudia (2013) pergeseran musim yang semakin kerap terjadi, sangat nyata pengaruhnya terhadap produksi pertanian menyebabkan bergesernya waktu tanam, musim, dan pola tanam, serta degradasi lahan. Disamping itu berdampak juga terhadap perubahan pola tanam, baik di lahan sawah irigasi maupun lahan tadah hujan. Hal ini dikarenakan perubahan pada masuknya awal musim dan panjang musim mempengaruhi ketersediaan dan kebutuhan air irigasi.

Informasi prakiraan hujan yang berimplikasi terhadap kecukupan air untuk pertanian di suatu wilayah, akan memberikan intensitas tanam, luas area tanam, dan alternatif pilihan pola tata tanam yang berbeda. Perubahan pola curah hujan dapat menyebabkan fluktuasi ketersediaan air, yang dapat berpengaruh terhadap selain produksi tanaman, hal ini mempengaruhi peluang peningkatan hama dan penyakit. Di sisi lain, peningkatan hujan lebat berdampak pada erosi tanah.

Budidaya pertanian, baik di lahan kering maupun lahan beririgasi, tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah, intensitas, dan distribusi hujan, tetapi juga ditentukan oleh awal musim hujan dan akhir musim hujan. Prakiraan awal musim hujan menjadi faktor penting dalam menetapkan awal musim tanam, pelaksanaan tanam, penentuan pola tanam, dan perkiraan luas areal tanam, terutama untuk tanaman pangan.

Awal musim hujan merupakan variabel yang paling penting bagi manajemen pertanian. Awal musim hujan secara langsung mempengaruhi praktek pengelolaan pertanian, khususnya awal penanaman dan pada gilirannya, secara signifikan mempengaruhi produksi tanaman serta kemungkinan tanaman mengalami kekeringan (Kumar, 1998, p.7). Pramudia (2013) menyatakan ketersediaan air tanaman sangat tergantung pada awal musim hujan, penghentian, dan panjang musim hujan. Distribusi ketersediaan air akan sangat mempengaruhi hasil panen.

Pramudia (2013) menyebutkan awal musim hujan juga menjadi tanda dalam mengawali pengolahan tanah untuk budidaya tanaman pada lahan sawah. Demikian juga halnya dengan lahan sawah irigasi, prakiraan awal musim hujan juga sangat terkait dengan ketersediaan air irigasi dalam kaitannya dengan awal musim tanam.

Beberapa dekade terakhir, Menurut Pramudia (2013) usaha tani tanaman pangan seringkali hanya mengandalkan kebiasaan dan naluri (*instinct*) dalam penetapan pola tanam. Akibatnya petani kerap dihadapkan kepada kendala kekurangan air, khususnya pada saat periode kering yang berlangsung lebih lama. Oleh karena itu, perlu adanya penyesuaian pola tanam yang lebih adaptif dengan adanya pergeseran musim.

Menurut Pramudia (2013) terdapat indikasi bahwa petani telah menyesuaikan terhadap adanya pergeseran musim (utamanya berupa penurunan curah hujan dan jumlah bulan hujan) dengan menyesuaikan jenis tanaman yang diusahakan, yaitu dari padi yang memerlukan pasokan air yang banyak ke palawija yang memerlukan lebih sedikit air.



Gambar 2.4 Pengaruh cuaca dan iklim terhadap sektor pertanian  
Sumber: Balitbangtan (2013, p.10)

## 2.5. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Air Irigasi

### 2.5.1. Evaporasi

Peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara disebut evaporasi atau penguapan (Sosrodarsono, 1976, p.57). Evaporasi merupakan faktor penting dalam studi tentang pengembangan sumber daya air. Evaporasi sangat mempengaruhi debit sungai, besarnya kapasitas waduk, besarnya kapasitas pompa untuk irigasi, penggunaan konsumtif (*consumptive use*) untuk tanaman dan lain-lain. Air akan menguap dari tanah, baik tanah gundul atau yang tertutup oleh tanaman dan pepohonan, permukaan tidak tembus air seperti atap dan jalan raya, air bebas dan air mengalir (Soemarto, 1987, p.42). Banyaknya air yang menguap dinyatakan sebagai laju penguapan, umumnya dinyatakan dalam satuan milimeter per satuan waktu (mm/hari). Dengan satuan itu dimaksudkan agar mudah dibandingkan dengan data curah hujan



(mm/hari), data debit (sebagai tebal aliran, mm/hari), dan data hidrologi lainnya (Soewarno, 2000, p.115).

Besarnya faktor meteorologi yang mempengaruhi besarnya evaporasi adalah seperti tersebut di bawah ini (Soewarno, 2000, p.115-116):

- a. Radiasi matahari, radiasi matahari merupakan sumber energi yang utama untuk terjadinya penguapan. Temperatur udara dan temperatur air bergantung radiasi matahari, sehingga diharapkan adanya korelasi antara temperatur dan laju penguapan. Untuk menguapkan 1 gram air diperlukan energi kurang lebih 586 kalori pada temperatur 20°C, jika matahari terhalang oleh awan akan dapat mengurangi energi dan memperlambat laju penguapan. Proses penguapan akan terjadi aktif jika ada penyinaran langsung dari matahari, sebagai masukan energi yang disebut dengan panas laten (*latent heat*). Panas laten adalah panas yang diperlukan untuk penguapan dan merupakan bagian panas neto yang terdapat dipermukaan bumi.
- b. Suhu (temperatur), jika temperatur udara dan temperatur tanah cukup tinggi maka laju penguapan akan lebih cepat, karena energi panas tersedia.
- c. Kelembapan udara (humiditas), jika kelembapan relatif udara naik, kemampuannya untuk menyerap uap air akan berkurang sehingga laju evaporasinya akan menurun. Penggantian lapisan udara pada batas tanah dan udara dengan udara yang sama kelembapan relatifnya tidak akan menolong untuk memperbesar laju erosi evaporasi. Ini hanya memungkinkan jika diganti dengan udara yang lebih kering.
- d. Kecepatan angin, perubahan zat cair menjadi uap air dan bergerak ke atmosfer akan mengakibatkan udara menjadi jenuh oleh uap air, bila udara jenuh oleh uap air maka laju penguapan akan berkurang, atau bahkan tidak terjadi penguapan tetapi malah terjadi pengembunan. Akan tetapi jika lapisan udara jenuh tadi bergerak karena angin dan diganti oleh udara kering maka laju penguapan akan bertambah lagi. Angin tidak menyebabkan penguapan akan tetapi berperan dalam memindahkan uap air diantara permukaan bumi dan udara, sehingga penguapan terus terjadi.

Evaporasi dibedakan menjadi dua macam, yaitu (Hadisusanto, 2011, p.79):

1. Evaporasi aktual yaitu proses evaporasi yang berlangsung pada kondisi alami terjadi pada keadaan daerah pada waktu tertentu, sehingga nilainya sangat bergantung pada kondisi lingkungan yang berlaku pada saat ini.
2. Evaporasi potensial yaitu proses evaporasi yang terjadi pada suatu permukaan penguapan yang berada dalam kondisi kecukupan air, evaporasi potensial sering disebut sebagai kemampuan maksimal dari suatu permukaan dalam penguapan air. Nilai

evaporasi relatif tidak terlalu jauh berbeda diantara bulan yang satu dengan yang lain, dan besarnya sekitar 3-8 mm/hari.

### 2.5.2. Transpirasi

Transpirasi adalah proses pengangkutan air yang berasal dari daerah perakaran (*root zone*) suatu tanaman, melalui jaringan perakaran air tersebut diangkut sampai daun dengan membawa sedikit  $\text{CO}_2$  dan menguap kembali ke atmosfer (Soewarno, 2000, p.143).

Jenis vegetasi kerapatan dan penutupan tanaman berpengaruh secara langsung terhadap jumlah air pada permukaan tanah di dalam DAS yang teruapkan melalui transpirasi. Karakteristik spesifik tanaman seperti jenis dan kedalaman perakaran, berapa banyak air yang bergerak masuk dan keluar dari daun dan sifat pemantulan oleh permukaan daun akan berpengaruh juga terhadap karakteristik transpirasi tanaman (Indarto, 2012, p.31).

Jumlah air yang ditranspirasikan dapat bertambah besar, misalnya pada pohon besar yang akar-akarnya sangat dalam menembus tanah. Jumlah air yang ditranspirasikan akan lebih banyak dibandingkan jika air itu langsung dievaporasikan sebagai air bebas (*free water*).

Proses transpirasi berjalan terus hampir sepanjang hari di bawah pengaruh sinar matahari. Pada malam hari pori-pori daun menutup. Pori-pori tersebut terletak di bagian bawah daun, yang disebut stomata. Ketika pori-pori ini menutup menyebabkan terhentinya proses transpirasi secara drastis, tetapi tidak dengan evaporasi. Proses evaporasi dapat berjalan terus selama ada masukan panas. Oleh karena itu, bagian yang terbesar dari jumlah evaporasi diperoleh pada siang hari, karena evaporasi dipengaruhi oleh sinar matahari.

Faktor lain yang mungkin adalah jumlah air yang tersedia cukup banyak. Jika jumlah air tersedia secara berlebih dari yang dibutuhkan tanaman selama proses transpirasi, maka jumlah air yang ditranspirasikan akan lebih besar dibandingkan apabila tersedianya air di bawah keperluan. (Soemarto, 1987, p.44-45).

Proses transpirasi dapat dibedakan menjadi dua kelompok antara lain (Hadisusanto, 2011, p.79):

1. Transpirasi aktual yaitu peristiwa transpirasi yang terjadi pada tanaman yang tumbuh dalam kondisi tertentu dan pada waktu tertentu pula.
2. Transpirasi potensial yaitu peristiwa transpirasi yang terjadi pada tanaman yang tumbuh pada kondisi yang tidak pernah mengalami kekurangan air selama pertumbuhannya.



### 2.5.3. Evapotranspirasi

Dalam mempelajari kondisi hidrologi dari suatu Daerah Pengaliran Sungai umumnya memerlukan data kehilangan air total (*total water loss*) yang antara lain disebabkan oleh penguapan total, atau umunya disebut dengan evapotranspirasi, yaitu penguapan dari seluruh tubuh air, tanah, tumbuh-tumbuhan, dan permukaan bumi yang lain seperti dari salju, es, serta transpirasi dari vegetasi. Dengan demikian evapotranspirasi (*evapotranspiration*) dapat diartikan sebagai proses perubahan molekul air dari permukaan bumi, tanah, dan vegetasi menjadi uap dan kembali lagi ke atmosfer. Secara singkat yang dimaksud dengan evapotranspirasi adalah seluruh proses perubahan molekul air di permukaan bumi dan kembali lagi ke atmosfer. Di lapangan sulit membedakan antara penguapan dan badan air, tanah, dan tanaman (Soewarno, 2000, p.143).

Evapotranspirasi adalah faktor dasar untuk menentukan kebutuhan air dalam rencana irigasi dan merupakan proses yang penting dalam siklus hidrologi (Sosrodarsono, 1976, p. 60). Jumlah kadar air yang hilang dalam tanah oleh evapotranspirasi tergantung pada (Soemarto, 1987, p.44):

- Adanya persediaan air yang cukup (hujan, dan lain-lain).
- Faktor-faktor iklim (suhu, kelembapan, dan lain-lain).
- Tipe dan cara kultivasi tumbuhan.

Beberapa istilah yang berkaitan dengan evapotranspirasi adalah (Soewarno, 2000, p.143):

- Evapotranspirasi (*ET*) adalah peristiwa evaporasi total, yaitu peristiwa evaporasi dan transpirasi.
- Evapotranspirasi potensial (*Etp*) adalah laju evapotranspirasi yang terjadi dengan anggapan persediaan air dan kelembapan tanah cukup sepanjang waktu.
- Evapotranspirasi rujukan (*Eto*) adalah laju evapotranspirasi di permukaan bumi yang luas dengan ditumbuhi rumput hijau setinggi 8-15 cm, yang masih aktif tumbuh terhampar menutupi seluruh permukaan di bumi tersebut, dengan albedo = 0,23 dan tidak kekurangan air. Oleh karena itu evapotranspirasi rujukan dapat dianggap sebagai evapotranspirasi potensial untuk tanaman rujukan (tanaman rujukan adalah rumput hijau pendek). Hubungan antara *Etp* dan *Eto* dari suatu kawasan dengan vegetasi bermacam jenis:

$$Etp = Kv \cdot Eto \dots\dots\dots(2-1)$$

Nilai  $Kv$  adalah koefisien dari seluruh jenis vegetasi dikawasan itu.

- d. Evapotranspirasi tanaman (*Etc*) adalah tebal air yang dibutuhkan untuk keperluan evapotranspirasi suatu jenis tanaman pertanian tanpa dibatasi oleh kekurangan air.

$$Etc = Kc \cdot Eto \dots\dots\dots (2-2)$$

- e. Evapotranspirasi aktual (*Eta*) adalah evapotranspirasi yang terjadi sesungguhnya sesuai dengan keadaan persediaan air/kelembapan tanah yang tersedia. Nilai  $Eta = Etp$  apabila persediaan air tidak terbatas. Untuk tanaman rujukan dengan persediaan air yang tidak terbatas maka:

$$Etp = Eto = Eta \dots\dots\dots (2-3)$$

Beberapa metode telah dikembangkan untuk mengukur evapotranspirasi baik mempergunakan rumus-rumus perhitungan berdasarkan data-data klimatologi, cara pengukuran langsung menggunakan lysimeter, maupun metode inflow-outflow. Dalam menghitung evapotranspirasi potensial, banyak metode yang digunakan, antara lain adalah:

#### 2.5.3.1. Metode *Blaney Criddle*

Keuntungan rumus ini ialah kesederhanaan perhitungannya, meskipun belum diketahui apakah cara ini dapat digunakan untuk semua tempat. Tetapi cara ini dapat digunakan untuk perkiraan evapotranspirasi jangka waktu yang panjang (Sosrodarsono dan Takeda, 1976, p.57). Data yang diperlukan untuk menghitung evapotranspirasi menggunakan metode *Blaney Criddle* adalah letak lintang (*LL*), suhu udara, dan angka koreksi (*c*).

Rumus:

$$ET_0^* = P (0,457 t + 8,13) \dots\dots\dots (2-4)$$

$$ET_0 = c \cdot ET_0^* \dots\dots\dots (2-5)$$

dengan:

$ET_0$  = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

*c* = Faktor koreksi

$ET_0^*$  = Evapotranspirasi (mm/hari)

*P* = Prosentase rata-rata jam siang malam tergantung letak lintang

*t* = Suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ )

Nilai angka koreksi untuk metode *Blaney Criddle* dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut

Tabel 2.1

Angka Koreksi (*c*) Menurut *Blaney Criddle*

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
<i>c</i>	0,80	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,75	0,80	0,80	0,80	0,80

Sumber: Limantara, 2010, p.23

Nilai *P* untuk metode *Blaney Criddle* dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2  
Hubungan  $P$  dan Letak Lintang (LL)  
(Untuk Indonesia : 5° s/d 10° LS)

Lintang	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
5,0 Utara	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
2,5 Utara	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
0	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
2,5 Selatan	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
5 Selatan	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
7,5 Selatan	0,29	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,29
10 Selatan	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	0,29

Sumber: Limantara, 2010, p.23

### 2.5.3.2. Metode Radiasi

Dalam metode radiasi, data yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan evapotranspirasi adalah letak lintang (LL), suhu udara dan kecerahan matahari.

Rumus:

$$ET_0^* = w \cdot R_s \dots\dots\dots(2-6)$$

$$ET_0 = c \cdot ET_0^* \dots\dots\dots(2-7)$$

dengan:

$w$  = Faktor pengaruh suhu dan elevasi ketinggian daerah

$R_s$  = Radiasi gelombang pendek yang diterima bumi (mm/hari)

$$R_s = (0,25 + 0,54 \frac{n}{N}) R_\gamma \dots\dots\dots(2-8)$$

$\frac{n}{N}$  = Kecerahan matahari (%)

$R_\gamma$  = Radiasi gelombang pendek yg memenuhi batas luar atmosfer atau angka angot

Nilai angka koreksi untuk metode Radiasi dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3  
Angka Koreksi ( $c$ ) Untuk Rumus Radiasi

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
$c$	0,80	0,80	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

Sumber: Limantara, 2010, p.26

Tabel 2.4

Hubungan  $t$  dan  $w$  (Untuk Indonesia, El. 0-500M)

Suhu ( $t^0$ )	W	Suhu ( $t^0$ )	w	Suhu ( $t^0$ )	w	Suhu ( $t^0$ )	w
24,0	0,735	25,6	0,751	27,2	0,767	28,8	0,783
24,2	0,737	25,8	0,753	27,4	0,769	29,0	0,785
24,4	0,739	26,0	0,755	27,6	0,771	29,2	0,787
24,6	0,741	26,2	0,757	27,8	0,773	29,4	0,789
24,8	0,743	26,4	0,759	28,0	0,775	29,6	0,791
25,0	0,745	26,6	0,761	28,2	0,777	29,8	0,793
25,2	0,747	26,8	0,763	28,4	0,779	30,0	0,795
25,4	0,749	27,2	0,767	28,6	0,781		

Sumber: Limantara, 2010, p.26

Tabel 2.5

Harga  $R_y$  Untuk Indonesia (5° LU s/d 10° LS)

Bulan	LU (°)			LS (°)					
	5	4	2	0	2	4	6	8	10
Jan	13,0	14,3	14,7	15,0	15,3	15,5	15,8	16,1	16,1
Feb	14,0	15,0	15,3	15,5	15,7	15,8	16,0	16,1	16,0
Mar	15,0	15,5	15,6	15,7	15,7	15,6	15,6	15,1	15,3
Apr	15,1	15,5	15,3	15,3	15,1	14,9	14,7	14,1	14,0
Mei	15,3	14,9	14,6	14,4	14,1	13,8	13,4	13,1	12,6
Jun	15,0	14,4	14,2	13,9	13,9	13,2	12,8	12,4	12,6
Jul	15,1	14,6	14,3	14,1	14,1	13,4	13,1	12,7	11,8
Ags	15,3	15,1	14,9	14,8	14,8	14,3	14,0	13,7	12,2
Sep	15,1	15,3	15,3	15,3	15,3	15,1	15,0	14,9	13,1
Okt	15,7	15,1	15,3	15,4	15,4	15,6	15,7	15,8	14,6
Nov	14,8	14,5	14,8	15,1	15,1	15,5	15,8	16,0	15,6
Des	14,6	14,1	14,4	14,8	14,8	15,4	15,7	16,0	16,0

Sumber: Limantara, 2010, p.27

### 2.5.3.3. Metode *Penman Modifikasi*

Metode yang digunakan dalam studi ini adalah metode *Penman Modifikasi* data yang diperlukan lebih banyak dibandingkan metode-metode sebelumnya. Untuk metode ini, data yang diperlukan adalah suhu rerata bulanan ( $t$ ), kelembaban relatif bulanan rerata ( $RH$ ), kecerahan matahari bulanan ( $\frac{n}{N}$ ), kecepatan angin bulanan rerata ( $u$ ), letak lintang daerah ( $LL$ ), angka koreksi ( $c$ ). Penggunaan data lebih banyak membawa hasil perhitungan rumus ini lebih teliti jika dibandingkan dengan rumus yang lain.

Rumus:

$$ET_0^* \dots\dots = w \cdot (0,75R_s - R_n) + (1-w)f(u)(\varepsilon\gamma - \varepsilon_d) \dots\dots\dots (2-9)$$

$$ET_0 \dots\dots = c \cdot ET_0^* \dots\dots\dots (2-10)$$

dengan:

$w$  = Faktor yang berhubungan dengan suhu dan elevasi

$R_s$  = Radiasi gelombang pendek (mm/hari)

$$R_s = (0,25 + 0,54 \frac{n}{N}) R\gamma \dots\dots\dots (2-11)$$

$R\gamma$  = Radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer/ angka angot

$R_n$  = Radiasi bersih gelombang panjang (mm/hari)

$$= f(t) \cdot f(\varepsilon_d) \cdot f(\frac{n}{N}) \dots\dots\dots (2-12)$$

$f(t)$  = Fungsi suhu

$f(\varepsilon_d)$  = Fungsi tekanan uap

$$= 0,34 - 0,44 \sqrt{\varepsilon_d} \dots\dots\dots (2-13)$$

$$f(\frac{n}{N}) = \text{Fungsi kecerahan matahari} = 0,1 + 0,9 \frac{n}{N} \dots\dots\dots (2-14)$$

$f(u)$  = Fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2,00 m

$$= 0,27 (1 + 0,864 u) \dots\dots\dots (2-15)$$

$\varepsilon_a - \varepsilon_d$  = Perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap sebenarnya

$$\varepsilon_d = \varepsilon_a * RH \dots\dots\dots (2-16)$$

$\varepsilon_a$  = Tekanan uap sebenarnya yang besarnya berhubungan dengan  $t$

$RH$  = Kelembapan udara relatif (%)

$c$  = Angka koreksi yang besarnya mempertimbangkan perbedaan cuaca

Nilai angka koreksi untuk metode *Penman* dapat dicari pada Tabel 2.6 berikut ini

Tabel 2.6

Angka Koreksi ( $c$ ) Bulanan Untuk Rumus *Penman Modifikasi*

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
$c$	1,10	1,10	1,10	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber: Limantara, 2010, p.30

Nilai  $\varepsilon\gamma$ ,  $w$ , dan  $f(t)$  pada metode *Penman Modifikasi* dapat dicari pada Tabel 2.7 berikut ini.

Tabel 2.7  
Hubungan  $t$  dengan  $\varepsilon\gamma$ ,  $w$ ,  $f(t)$

$t$ (°C)	$\varepsilon\gamma$ (mbar)	$w$	$f(t)$	$t$ (°C)	$\varepsilon\gamma$ (mbar)	$w$	$f(t)$	$t$ (°C)	$\varepsilon\gamma$ (mbar)	$w$	$f(t)$
24	29,85	0,735	15,400	26,3	34,22	0,758	15,960	28,6	39,14	0,781	16,420
24,1	30,03	0,736	15,425	26,4	34,42	0,759	15,980	28,7	39,38	0,782	16,440
24,2	30,21	0,737	15,450	26,5	34,63	0,760	16,000	28,8	39,61	0,783	16,460
24,3	30,39	0,738	15,475	26,6	34,83	0,761	16,020	28,9	39,84	0,784	16,480
24,4	30,57	0,739	15,500	26,7	35,04	0,762	16,040	29	40,06	0,785	16,500
24,5	30,76	0,740	15,525	26,8	35,25	0,763	16,060	29,1	40,29	0,786	16,520
24,6	30,94	0,741	15,550	26,9	35,46	0,764	16,080	29,2	40,51	0,787	16,540
24,7	31,13	0,742	15,575	27,0	35,66	0,765	16,100	29,3	40,74	0,788	16,560
24,8	31,31	0,743	15,600	27,1	35,88	0,766	16,120	29,4	40,96	0,789	16,580
24,9	31,50	0,744	15,625	27,2	36,09	0,767	16,140	29,5	41,19	0,790	16,600
25	31,69	0,745	15,650	27,3	36,30	0,768	16,160	29,6	41,41	0,791	16,620
25,1	31,88	0,746	15,675	27,4	36,50	0,769	16,180	29,7	41,64	0,792	16,640
25,2	32,06	0,747	15,700	27,5	36,72	0,770	16,200	29,8	41,86	0,793	16,660
25,3	32,26	0,748	15,725	27,6	36,94	0,771	16,220	29,9	42,09	0,794	16,680
25,4	32,45	0,749	15,750	27,7	37,16	0,772	16,240	30	42,31	0,795	16,700
25,5	32,64	0,750	15,775	27,8	37,37	0,773	16,260	30,1	42,54	0,796	16,720
25,6	32,83	0,751	15,800	27,9	37,59	0,774	16,280	30,2	42,76	0,797	16,740
25,7	33,03	0,752	15,825	28	37,81	0,775	16,300	30,3	42,99	0,798	16,760
25,8	33,22	0,753	15,850	28,1	38,03	0,776	16,320	30,4	43,21	0,799	16,780
25,9	33,42	0,754	15,875	28,2	38,25	0,777	16,340	30,5	43,44	0,800	16,800
26	33,62	0,755	15,900	28,3	38,48	0,778	16,360	30,6	43,66	0,801	16,820
26,1	33,82	0,756	15,920	28,4	38,70	0,779	16,380	30,7	43,89	0,802	16,840
26,2	34,02	0,757	15,940	28,5	38,92	0,780	16,400	30,8	44,11	0,803	16,860

Sumber: Limantara, 2010, p.31

Nilai  $R\gamma$  untuk metode *Penman Modifikasi* dapat dicari pada Tabel 2.8 berikut.



Tabel 2.8

Harga  $R\gamma$  Untuk Indonesia (Untuk Indonesia :  $5^0$  s/d  $10^0$  LS)

Bulan	LU ( $^{\circ}$ )				LS ( $^{\circ}$ )				
	5	4	2	0	2	4	6	8	10
Jan	13,0	14,3	14,7	15,0	15,3	15,5	15,8	16,1	16,1
Feb	14,0	15,0	15,3	15,5	15,7	15,8	16,0	16,1	16,0
Mar	15,0	15,5	15,6	15,7	15,7	15,6	15,6	15,1	15,3
Apr	15,1	15,5	15,3	15,3	15,1	14,9	14,7	14,1	14,0
Mei	15,3	14,9	14,6	14,4	14,1	13,8	13,4	13,1	12,6
Jun	15,0	14,4	14,2	13,9	13,9	13,2	12,8	12,4	12,6
Jul	15,1	14,6	14,3	14,1	14,1	13,4	13,1	12,7	11,8
Ags	15,3	15,1	14,9	14,8	14,8	14,3	14,0	13,7	12,2
Sep	15,1	15,3	15,3	15,3	15,3	15,1	15,0	14,9	13,1
Okt	15,7	15,1	15,3	15,4	15,4	15,6	15,7	15,8	14,6
Nov	14,8	14,5	14,8	15,1	15,1	15,5	15,8	16,0	15,6
Des	14,6	14,1	14,4	14,8	14,8	15,4	15,7	16,0	16,0

Sumber: Limantara, 2010, p.27

Prosedur perhitungan  $ET_0$  berdasar rumus *Penman Modifikasi* adalah sebagai berikut :

1. Mencari data suhu bulanan rerata ( $t$ )
2. Berdasarkan nilai ( $t$ ), dicari besaran ( $\epsilon a$ ), ( $w$ ), ( $1-w$ ) dan  $f(t)$
3. Mencari data kelembapan relatif ( $RH$ )
4. Berdasarkan nilai ( $\epsilon a$ ) dan ( $RH$ ) diperoleh nilai ( $\epsilon d$ ) dengan persamaan  $\epsilon d = \epsilon a \cdot RH$
5. Berdasarkan nilai ( $\epsilon d$ ) dapat diperoleh  $f(\epsilon d)$  dengan rumus:  

$$f(\epsilon d) = 0,34 - (0,044 \cdot \epsilon d^{0,5})$$
6. Berdasarkan letak lintang daerah, nilai ( $R\gamma$ ) dapat dicari dari Tabel 2.2
7. Dari data kecerahan matahari ( $n/N$ ) dan nilai ( $R\gamma$ ) didapat nilai  $R_s$
8. Berdasarkan nilai ( $n/N$ ) diperoleh nilai  $f(n/N)$  dengan rumus  $f(n/N) = 0,1 + 0,9 \cdot (n/N)$
9. Dari data kecepatan angin rerata ( $U$ ) dicari nilai  $f(u)$  dengan rumus:  

$$f(u) = 0,27 (1 + 0,864 U)$$
10. Dari hasil perhitungan nilai  $f(t)$ , nilai  $f(\epsilon d)$ , dan nilai  $f(n/N)$  dihitung nilai  $R_{nl}$  dengan rumus  $R_{nl} = f(t) \cdot f(\epsilon d) \cdot f(n/N)$
11. Mencari besar angka koreksi ( $c$ ) dari Tabel 2.3
12. Berdasarkan nilai  $w$ , ( $1-w$ ),  $R_s$ ,  $R_{nl}$ ,  $f(u)$ ,  $\epsilon a$  dan  $\epsilon d$  yang telah diperoleh, hitung nilai  $ET_0^*$  dengan rumus  $ET_0^* = W \cdot (0,75 R_s - R_{nl}) + (1 - w) \cdot F(u) (\epsilon a - \epsilon d)$ .
13. Hitung nilai  $ET_0$  dengan rumus  $ET_0 = c \cdot ET_0^*$

## 2.6. Analisis Curah Hujan

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan bumi selama satu periode tertentu yang bisa diukur dalam satuan millimeter (mm). Tidak semua curah hujan yang jatuh ke permukaan bumi dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman. Sebagian mengalir sebagai limpasan permukaan, sebagian lagi akan menguap di udara.

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air yang salah satunya seperti alokasi air irigasi adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada satu titik tertentu. Curah hujan ini disebut dengan curah hujan wilayah/daerah dan dinyatakan dalam mm. Curah hujan ini harus diperkirakan dari beberapa stasiun pengamatan curah hujan. Cara-cara perhitungan curah hujan daerah dari pengamatan curah hujan di beberapa titik adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1976, p.27):

- a. Metode Rerata Aljabar
- b. Metode Thiessen
- c. Metode Isohiet

Pada umumnya untuk menghitung curah hujan daerah dapat digunakan standar luas daerah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1976, p.51):

1. Daerah dengan luas 250 ha yang mempunyai variasi topografi kecil, dapat diwakili oleh sebuah alat ukur hujan.
2. Daerah dengan luas 250 ha sampai 50.000 ha dengan dua atau tiga titik pengamatan hujan dapat digunakan cara rerata aljabar.
3. Daerah dengan luas 120.000 ha sampai 500.000 ha yang mempunyai titik pengamatan yang tersebar cukup merata dan dimana data curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi kondisi topografi, dapat digunakan cara rerata aljabar. Jika titik-titik pengamatan tidak tersebar merata maka digunakan cara Thiessen.
4. Daerah dengan luas lebih besar dari 500.000 ha dapat digunakan cara isohiet atau cara potongan antara (*inter-section method*).

Berdasarkan data curah hujan selama 10 tahun yang didapatkan pada tiga stasiun curah hujan yang mewakili Daerah Irigasi Tanggul, dilakukan analisis data curah hujan yang diamati dari setiap titik (*point rainfall*) atau pos stasiun hujan menjadi curah hujan wilayah/daerah (*areal rainfall*) adalah dengan menggunakan metode rerata aljabar dengan persamaan sebagai berikut (Sosrodarsono, 1976, p.27):

$$\hat{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots (2-17)$$

dengan:

$\hat{R}$  = Area *rainfall*/curah hujan daerah (mm)

$R_1 + R_2 + \dots + R_n$  = *Point rainfall*/besarnya curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)

$n$  = Jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan

Analisis curah hujan dilakukan dengan maksud untuk menentukan:

1. Curah hujan efektif untuk menghitung kebutuhan irigasi. Curah hujan efektif atau andalan adalah bagian dari keseluruhan curah hujan yang secara efektif tersedia untuk kebutuhan air tanaman.
2. Curah hujan lebih (*excess rainfall*) dipakai untuk menghitung kebutuhan pembuangan/drainase dan debit (banjir).

Untuk analisis curah hujan efektif, curah hujan di musim kemarau dan penghujan akan sangat penting artinya. Untuk curah hujan lebih, curah hujan di musim penghujan (bulan-bulan turun hujan) harus mendapat perhatian tersendiri. Untuk kedua tujuan tersebut data curah hujan harian akan dianalisis untuk mendapatkan tingkat ketelitian yang dapat diterima. Data curah hujan harian yang meliputi periode sedikitnya 10 tahun akan diperlukan (KP-01, 2013, p.93-94).

### 2.6.1. Uji Konsistensi Data

Data hujan perlu dicek kualitasnya dengan menggunakan uji konsistensi data yang kemudian dilanjutkan dengan pengecekan abnormalitas data. Hal ini disebabkan karena informasi yang diperoleh tentang masing-masing unsur tersebut mengandung ketidakteelitian (*inaccuracy*) dan ketidakpastian (*uncertainty*) (Harto, 1982, p.263).

Jika data hujan tidak konsisten yang diakibatkan oleh berubahnya atau terganggunya lingkungan di sekitar tempat dimana penakar hujan dipasang. Perubahan ini dapat diakibatkan oleh beberapa hal, diantaranya adalah:

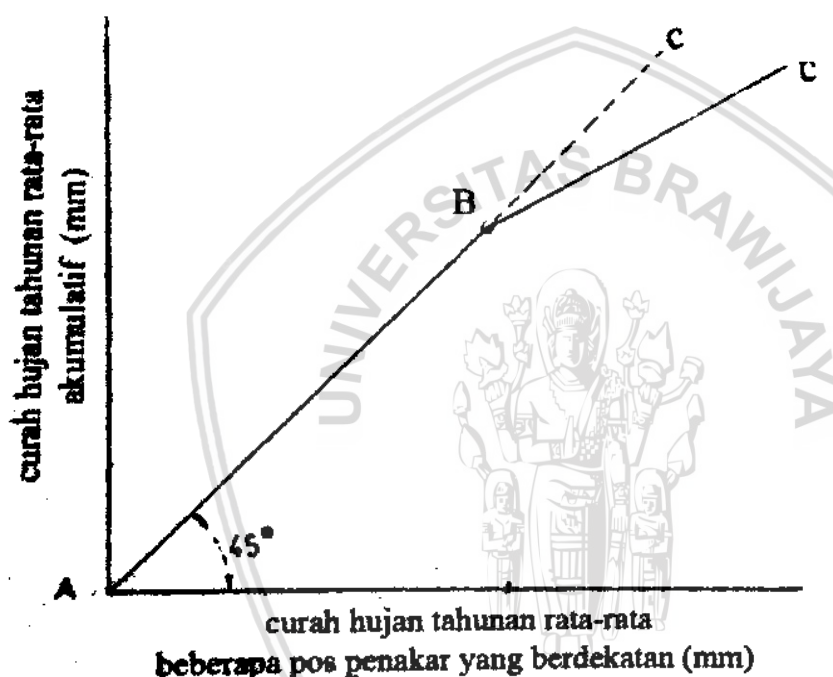
1. Terlindung oleh pohon.
2. Terletak berdekatan dengan gedung tinggi.
3. Perubahan cara penakaran dan pencatatan.
4. Pemindahan letak stasiun penakar.
5. Perubahan iklim.

Konsistensi dari pencatatan hujan diperiksa dengan metode kurva massa ganda. Metode ini membandingkan hujan tahunan kumulatif di stasiun  $y$  terhadap stasiun referensi  $x$ . Stasiun referensi biasanya adalah nilai rerata dari beberapa stasiun didekatnya. Nilai

kumulatif tersebut digambarkan pada sistem koordinat kartesian x-y, dan kurva yang terbentuk diperiksa untuk melihat perubahan kemiringan (Triatmodjo, 2013, p.41).

Kalau tidak terdapat perubahan lingkungan maka akan didapatkan garis ABC, tetapi karena pada suatu tahun terjadi perubahan lingkungan maka akan didapat garis patah ABC'. Penyimpangan tiba-tiba dari garis semula menunjukkan adanya perubahan tiba-tiba dalam pengamatan. Jadi perubahan tersebut bukan disebabkan oleh perubahan iklim atau keadaan hidrologis yang dapat menyebabkan adanya perubahan trend.

Hal tersebut dapat diselidiki dengan menggunakan lengkung massa ganda seperti terlihat pada gambar 2.8 (Soemarto, 1986, p.38).



Gambar 2.5 Uji konsistensi data dengan kurva massa ganda  
Sumber: Soemarto, 1987, p.39

Data yang tidak konsisten dapat ditunjukkan oleh penyimpangan garis dari garis lurus. Penyimpangan kemiringa kurva massa ganda disebabkan oleh banyak hal, misalnya (Soewarno, 1995, p.28):

1. Prosedur pengukuran atau pengamatan
2. Metode pengolahan
3. Perubahan lokasi pos stasiun hujan

Jika terjadi penyimpangan, maka data hujan dari stasiun yang diuji harus diperbaiki sesuai dengan perbedaan kemiringan garisnya, dengan rumus sebagai berikut:

$$H_z = Fk \times H_o \dots \dots \dots (2-18)$$

$$H_k = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_o} \dots \dots \dots (2-19)$$

dengan:

$H_z$  = data hujan yang diperbaiki

$H_o$  = data hujan hasil pengamatan

$F_k$  = faktor koreksi

$\tan \alpha$  = kemiringan garis sebelum ada perubahan

$\tan \alpha_o$  = kemiringan garis sesudah ada perubahan

### 2.6.2. Curah Hujan Andalan

Curah hujan andalan adalah curah hujan yang kemungkinan terpenuhi dengan peluang kejadian tertentu dan digunakan sebagai data masukan. Besarnya adalah sebesar curah hujan rerata di seluruh daerah yang bersangkutan. Metode yang digunakan untuk perhitungan dalam studi ini menggunakan tahun dasar perencanaan (metode *basic year*). Berdasarkan *Harza Engineering Crop International*, curah hujan andalan untuk tanaman padi ditetapkan sebesar 80%, sedangkan untuk tanaman palawija sebesar 50%. Hal tersebut berarti bahwa dari 10 kejadian curah hujan yang direncanakan akan terlampaui sebanyak 8 kali untuk tanaman padi, sedangkan untuk tanaman palawija bahwa dari 10 kejadian curah hujan yang direncanakan tersebut akan terlampaui sebanyak 5 kali. Curah hujan andalan ditentukan melalui tahapan sebagai berikut:

- Curah hujan harian atau bulanan diurutkan mulai dari yang terkecil sampai yang terbesar.
- Curah hujan andalan ditentukan urutannya menggunakan rumus di bawah ini.

$$R_{80} = \text{urutan ke } \frac{n}{5} + 1 \dots\dots\dots(2-20)$$

$$R_{50} = \text{urutan ke } \frac{n}{2} + 1 \dots\dots\dots(2-21)$$

dengan:

$R_{80}$  = Curah hujan yang terjadi dengan tingkat keandalan 80% (mm)

$R_{50}$  = Curah hujan yang terjadi dengan tingkat keandalan 50% (mm)

$n$  = Jumlah tahun pengamatan

### 2.6.3. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif merupakan sejumlah air yang berasal dari curah hujan aktual harian atau bulanan yang jatuh sampai daerah perakaran tanaman dan bisa dimanfaatkan oleh tanaman untuk pertumbuhannya. Curah hujan efektif dipengaruhi oleh curah hujan aktual yang jatuh diatas permukaan lahan yang bervegetasi dan evapotranspirasi tanaman yang tumbuh di atas lahan bersangkutan. Curah hujan efektif ini dimanfaatkan oleh



tanaman untuk memenuhi kehilangan air akibat evapotranspirasi tanaman, perkolasi, dan lain-lain. Jumlah curah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman tergantung pada jenis tanaman.

Besarnya curah hujan yang terjadi dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air, sehingga dapat memperkecil debit yang diperlukan dari pintu pengambilan. Mengingat bahwa jumlah curah hujan yang turun tersebut tidak semuanya dapat dipergunakan untuk tanaman dalam pertumbuhannya, maka perlu diperhitungkan dan dicari curah hujan efektifnya.

#### 2.6.3.1 Curah Hujan Efektif untuk Tanaman Padi

Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman padi ditentukan dengan 70% dari curah hujan dengan kemungkinan kegagalan 20% atau curah hujan  $R_{80}$ , sedangkan besarnya  $R_{80}$  diperoleh menggunakan metode *basic year*. Curah hujan efektif diperoleh dari 70% x  $R_{80}$  per periode waktu pengamatan, sehingga persamaannya adalah sebagai berikut (KP-01,2013, p.186):

$$R_{eff} = R_{80} \times 70\% \dots\dots\dots (2-22)$$

$R_{eff}$  = Curah hujan efektif tanaman padi (mm)

$R_{80}$  = Curah hujan dengan probabilitas 80% (mm)

#### 2.6.3.2 Curah Hujan Efektif untuk Tanaman Palawija

Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman palawija ditentukan berdasarkan pada 50% dari curah hujan andalan 80%. Perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman palawija dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut (KP-01,2013, p.186):

$$R_{eff} = R_{80} \times 50\% \dots\dots\dots (2-23)$$

$R_{eff}$  = Curah hujan efektif tanaman palawija (mm)

$R_{80}$  = Curah hujan dengan probabilitas 80% (mm)

Tabel 2.9

Curah Hujan Efektif Tanaman Palawija Rata-rata Bulanan dikaitkan dengan *ETo* Rata-rata Bulanan dan Curah Hujan Rata-rata Bulanan (USDA (SCS,1696)

Curah Hujan Bulanan (mm)	62,5	75	87,5	100	112,5	125	137,5	150	162,5	175	187,5	200
<b>ETo</b>												
25												
50	39	46										
75	41	48	56	62	69							
100	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
125	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120	
150	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	127	133
175	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141
200	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150
225	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150	159
250	50	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167

Sumber: Standart Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01) Lampiran II, 2013, p.176

### 2.6.3.3 Curah Hujan Efektif untuk Tanaman Tebu

Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman tebu dapat dihitung 60% dari curah hujan andalan 80% dengan persamaan sebagai berikut (KP-01,2013:186):

$$R_{eff} = R_{80} \times 60\% \dots\dots\dots (2-24)$$

Keterangan:

$R_{eff}$  = Curah hujan efektif tanaman tebu (mm)

$R_{80}$  = Curah hujan dengan probabilitas 80% (mm)

## 2.7. Ketersediaan Air Irigasi

Debit ketersediaan air irigasi atau debit andalan (*dependable discharge*) adalah besarnya debit yang tersedia sepanjang tahun untuk memenuhi kebutuhan irigasi dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan (Limantara, 2010, p.87). Dalam perencanaan suatu bangunan penyediaan air terlebih dahulu harus dicari debit andalan (*dependable discharge*), yang tujuannya adalah untuk menentukan debit perencanaan yang diharapkan selalu tersedia di sungai atau di intake. Untuk menentukan besarnya debit andalan, dapat dihitung dengan beberapa metode yang disesuaikan dengan data yang tersedia. Data yang tersedia dapat berupa seri data debit yang dimiliki oleh setiap stasiun pengamatan debit sungai/intake maupun data seri data curah hujan yang dimiliki oleh setiap stasiun pencatat curah hujan pada DAS yang dimaksud.

Dalam menghitung debit andalan kita harus mempertimbangkan air yang diperlukan dari sungai hilir pengambilan. Pengamatan di bagian hilir dapat lebih membantu memastikan debit minimum hilir yang harus dijaga. Para pengguna air irigasi di daerah

hilir harus sudah diketahui pada tahap studi. Hal ini akan dicek lagi pada tahap perencanaan. Kebutuhan mereka akan air irigasi akan disesuaikan dengan perhitungan debit dan waktu. Selain itu di daerah irigasi air mungkin saja dipakai untuk keperluan selain irigasi (KP-01, 2013, p.96).

Menurut pengamatan, besarnya debit andalan yang diambil untuk penyelesaian optimum penggunaan air dibeberapa macam pekerjaan pada Tabel 2.10 berikut ini.

Tabel 2.10  
Besarnya Debit Andalan untuk Berbagai Keperluan

Kebutuhan	Debit Andalan (%)
Air minum	99
Air irigasi	95-98
Air irigasi	
• Daerah beriklim setengah lembab	70-85
• Daerah beriklim kering	80-95
Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	85-90

Sumber: Limantara, 2010, p.87

Menurut Suyono Sosrodarsono (1990) keandalan berdasarkan kondisi debit dibedakan menjadi 4 yaitu:

- Debit air musim kering, yaitu debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 355 hari dalam 1 tahun, dimana keandalannya sebesar:  $(355/365) \times 100\% = 97,3\% \approx 97\%$ .
- Debit air rendah, yaitu debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 275 hari dalam 1 tahun, dimana keandalannya sebesar:  $(275/365) \times 100\% = 75,3\% \approx 75\%$
- Debit air normal, yaitu debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 185 hari dalam 1 tahun, dimana keandalannya sebesar :  $(185/365) \times 100\% = 50,7\% \approx 51\%$ .
- Debit air cukup, yaitu debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 95 hari dalam 1 tahun, dimana keandalannya sebesar:  $(95/365) \times 100\% = 26,0\%$ .

Dalam praktek untuk keperluan perencanaan penyediaan air irigasi umumnya digunakan debit andalan dengan tingkat keandalan 80%, dengan pertimbangan bahwa akan terjadi peluang disamai atau dilampaui debit-debit kering sebanyak 72 hari atau 2,5 bulan dalam setahun. Ini berarti bahwa pada musim tanam 3 (MT3) jika terjadi kekeringan, tanaman masih mendapat air selama 1,5 bulan atau 0,5 hari dari masa tanamnya, dengan demikian diharapkan masih tidak membahayakan tanaman dari ancaman kematian.

Selanjutnya untuk keperluan operasional secara praktis diterapkan ketersediaan air sungai dengan tingkat keandalan tertentu yang dapat dianggap mewakili kondisi air sungai dalam keadaan air rendah, normal, dan basah, maka dalam hal ini diambil keputusan sebagai berikut:

- Debit andalan 80% dimana dengan tingkat keandalan 80% mewakili keandalan debit air sungai rendah. Debit ini mempunyai peluang terjadi disamai atau dilampaui 292 hari (9,6 bulan) dalam 1 tahun atau peluang tidak terjadi /gagal 73 hari (2,4 bulan) dalam 1 tahun.
- Debit andalan 50% dimana dengan tingkat keandalan 50% untuk mewakili keadaan debit air sungai normal. Debit ini mempunyai peluang terjadi disamai atau dilampaui 183 hari (6 bulan) dalam 1 tahun atau peluang tidak terjadi/gagal 183 hari (6 bulan) dalam 1 tahun.

Pemilihan metode yang sesuai umumnya didasarkan atas pertimbangan data yang tersedia, jenis kepentingan, dan pengalaman. Metode tersebut adalah sebagai berikut (Limantara, 2010, p.91-95):

1. Metode Q rerata minimum

Metode ini berdasar pada debit rata-rata bulanan yang minimum dari tiap-tiap tahun data yang tersedia. Metode ini biasanya digunakan untuk :

- a. Fluktuasi debit maksimum atau minimum tidak terlalu besar pertahunnya.
- b. Kebutuhan relatif konstan sepanjang tahun.

2. Metode karakteristik aliran (*flow charactersitic*)

Metode ini memakai data yang didapat berdasar karakteristik alirannya. Metode ini pada umumnya dipakai untuk:

- a. Fluktuasi debit maksimum atau minimum terlalu besar pertahunnya.
- b. Kebutuhan relatif tidak konstan sepanjang tahun.
- c. Data yang tersedia relatif panjang.

3. Metode bulan dasar (*basic month*)

Metode ini seperti pada metode karakteristik aliran tetapi hanya menggambarkan bulan-bulan tertentu sebagai keandalan pada musim kemarau dan musim penghujan.

4. Metode tahun dasar (*basic year*)

Metode tahun dasar menentukan suatu tahun tertentu sebagai dasar perencanaan. Metode ini biasanya digunakan dalam perencanaan atau pengelolaan irigasi.

## 2.8. Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi merupakan jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah. Air irigasi umumnya diambil dari sungai atau waduk dan dialirkan melalui sistem jaringan irigasi, guna menjaga keseimbangan jumlah air di lahan pertanian. Suatu pertumbuhan tanaman sangat dibatasi oleh ketersediaan air yang di dalam tanah. Kekurangan air akan mengakibatkan terjadinya gangguan aktifitas fisiologis tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman akan terhenti. Kebutuhan bersih air di sawah pada suatu jaringan irigasi merupakan air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman yang optimal tanpa kekurangan air yang dinyatakan dalam NFR (*Net Field Requirement*). Kebutuhan bersih air di sawah atau biasa disebut sebagai kebutuhan air irigasi ditentukan faktor-faktor berikut (Bardan, 2014, p.56):

1. Curah hujan efektif (*Reff*).
2. Penggunaan air konsumtif (*Etc* = Evapotranspirasi tanaman).
3. Perkolasi (*P*).
4. Penyiapan lahan (*PL*).
5. Penggantian lapisan air (*WLR* = *Water Land Requirement*).
6. Efisiensi irigasi (*ef*).
7. Pola tanam.

Kebutuhan air irigasi sebagian besar dicukupi dari air permukaan. Kebutuhan air irigasi dipengaruhi berbagai faktor seperti klimatologi, kondisi dan jenis tanah, koefisien tanaman, pola tanam, pasokan air yang diberikan, luas daerah irigasi, efisiensi irigasi, penggunaan kembali air drainase untuk irigasi, sistem penggolongan, jadwal tanam dan lain-lain.

Kebutuhan air total disawah (GFR) mencakup faktor 1 sampai 4, sedangkan Kebutuhan air bersih di sawah (NFR) juga memperhitungkan curah hujan efektif. Kebutuhan air disawah dinyatakan dalam mm/hr atau l/dt/ha dan selanjutnya efisiensi mencakup pula dalam memperhitungkan kebutuhan pengambilan air dari sumbernya dalam  $m^3/dt$ .

Besarnya perkiraan kebutuhan air irigasi dinyatakan sebagai berikut (Bardan, 2014, p.57):

1. Kebutuhan bersih air di sawah untuk padi

$$NFR \text{ Padi} = PL + ETC + WLR + P - Reff \text{ padi} \dots\dots\dots (2-25)$$



## 2. Kebutuhan bersih air di sawah untuk palawija

$$NFR \text{ Palawija} = Etc - Reff \text{ palawija} \dots\dots\dots(2-26)$$

## 3. Kebutuhan bersih air di sawah untuk tebu

$$NFR \text{ Tebu} = Etc - Reff \text{ tebu} \dots\dots\dots(2-27)$$

Dengan:

$NFR \text{ padi}$  = kebutuhan bersih air padi di sawah (mm/hari)

$NFR \text{ palawija}$  = kebutuhan bersih air palawija (mm/hari)

$NFR \text{ tebu}$  = kebutuhan bersih air tebu (mm/hari)

$PL$  = kebutuhan air untuk persiapan lahan (mm/hari)

$Etc$  = kebutuhan air untuk tanaman (mm/hari)

$WLR$  = kebutuhan air untuk penggantian lapisan air (mm/hari)

$P$  = perkolasi (mm/hari)

$Reff \text{ padi}$  = curah hujan efektif untuk padi (mm/hari)

$Reff \text{ palawija}$  = curah hujan efektif untuk palawija (mm/hari)

$Reff \text{ tebu}$  = curah hujan efektif untuk tebu (mm/hari)

4. Kebutuhan bersih air di pintu pengambilan (*intake*)

$$DR = \frac{NFR}{8,64 \times Ef} \dots\dots\dots(2-28)$$

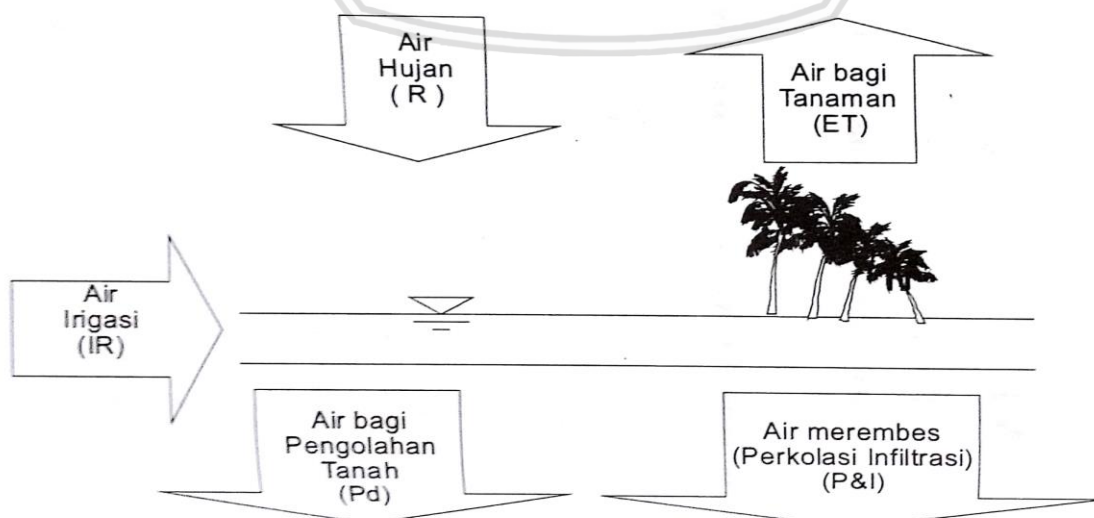
dengan:

$DR$  = kebutuhan bersih air di pintu pengambilan (l/dt/ha).

$NFR$  = kebutuhan bersih air di sawah untuk tanaman padi (mm/hari).

$\frac{1}{8,64}$  = angka konversi satuan dari mm/hari ke lt/dt/ha.

$Ef$  = efisiensi irigasi total (%).



Gambar 2.6 Hubungan kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air tanaman  
Sumber: Limantara, 2010:220

### 2.8.1. Koefisien Tanaman

Besarnya koefisien tanaman berhubungan dengan jenis tanaman, varietas tanaman, serta umur pertumbuhan tanaman. Koefisien tanaman padi diambil berdasarkan *Prosida* Jawa Timur yang bekerja sama dengan *Nedesco*. Sedangkan koefisien tanaman palawija diperoleh dari *FAO Guideline for Crop Water Requirements*, kemudian dikembangkan dengan data-data Penman. Besarnya koefisien tanaman tergantung dari faktor-faktor berikut ini:

1. Tipe tanaman (padi, jagung, tebu, dan lain-lain).
2. Varietas tanaman (padi PB 5, padi IR 12, dan lain-lain).
3. Tingkat pertumbuhan.
4. Musim tanaman.
5. Keadaan cuaca.

Menurut Dorrenbos dan Pruitt, 1977 dalam James 1988, pertumbuhan tanaman digambarkan dalam 4 (empat) tahapan, yaitu (Bardan, 2014, p.65):

- a. Tahap awal, merupakan awal pertumbuhan bagi tanaman.
- b. Tahap kedua, merupakan tahapan dimana tanaman membangun dirinya agar besar dan kuat untuk tetap hidup.
- c. Tahap ketiga, tahapan dimana tanaman harus menjaga kehidupannya untuk berproduksi (berbunga dan berbuah).
- d. Tahap keempat, merupakan tahapan akhir dimana tanaman akan mengakhiri kehidupannya dan menjaga hasil produktivitasnya.

Setiap jenis dan varietas tanaman selama periode pertumbuhannya memerlukan air dengan jumlah yang berbeda-beda. Selama pertumbuhan vegetatif kebutuhan air selalu bertambah dan pada masa pertumbuhan bunga memerlukan air yang sangat banyak serta pada masa pembuahan kebutuhan airnya berangsur-angsur surut. Perbedaan kebutuhan air tiap unsur tanaman dipengaruhi oleh koefisien tanaman. Untuk jenis tanaman yang sama yang ditanam pada tanggal tanam yang sama akan tetapi dapat mempunyai umur tanaman yang berbeda akibat perbedaan lokasi atau ketinggian tempat, atau musim tanam yang berbeda, maka akan mempunyai bentuk kurva koefisien tanaman yang berbeda (Mawardi, 2016, p.167).

Tujuan irigasi adalah membagi sejumlah air yang sama pada lahan yang seluas mungkin sehingga supaya kebutuhan air irigasi kecil maka kebutuhan air bagi tanaman harus kecil. Dengan demikian koefisien tanaman harus kecil, dan ini bisa terjadi dengan pengaturan pola tata tanam yaitu dengan mengubah jenis, varietas, dan umur tanaman

(Limantara, 2010, p.222). Harga-harga koefisien tanaman dapat dilihat pada Tabel 2.11 berikut ini.

Tabel 2.11  
Harga-harga Koefisien Tanaman periode 10 Harian

Hari Ke-	Kc					
	Padi	Kacang Tanah	Jagung	Kedelai	Buncis	Tebu
10	1,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,55
20	1,2	0,503	0,53	0,6	0,5	0,88
30	1,2	0,51	0,59	0,75	0,64	0,90
40	1,28	0,61	0,837	1	0,89	1
50	1,347	0,723	0,99	1	0,9	1,05
60	1,4	0,85	1,05	1	0,95	0,8
70	1,367	0,917	1,03	0,88	0,95	0,6
80	1,313	0,95	0,997	0,67	0,91	
90	1,24	0,95	0,95	0,45	0,88	
100	1,16	0,95				
110	0,747	0,95				
120	0	0,55				

Sumber: Standart Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01), 1986, p.164

### 2.8.2. Kebutuhan Air untuk Konsumtif Tanaman

Kebutuhan air untuk konsumtif tanaman (PAK) merupakan sejumlah air yang dibutuhkan untuk mengganti air yang hilang akibat penguapan. Air dapat menguap melalui permukaan bumi (evaporasi) maupun melalui daun-daun tanaman (transpirasi). Bila kedua proses penguapan tersebut terjadi bersama-sama, disebut proses evapotranspirasi. Dengan demikian besar kebutuhan air tanaman adalah sebesar jumlah air yang hilang akibat proses evapotranspirasi (Limantara, 2010, p.221).

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kebutuhan air tanaman adalah sebagai berikut:

$$ETc = kc \times Eto \dots\dots\dots(2-29)$$

dengan:

$ETc$  = kebutuhan air tanaman

$Kc$  = koefisien tanaman

$Eto$  = evapotranspirasi potensial (mm/hari)

Kegiatan mengatur jenis, varietas, dan umur pertumbuhan tanaman disebut sebagai pengaturan pola tata tanam. Dengan demikian usaha mengatur pola tata tanam dimaksudkan untuk mengatur besar koefisien tanaman agar mendapatkan besar Kebutuhan air untuk konsumtif tanaman, sehingga sesuai dengan ketersediaan air irigasi. Kebutuhan

air untuk konsumtif tanaman berlaku untuk kebutuhan air tanaman bukan tanaman padi. Untuk tanaman padi kebutuhan air tanamannya yakni kebutuhan air untuk konsumtif tanaman masih ditambah dengan sejumlah air yang hilang melalui proses perkolasi yang tak terhindarkan untuk metode pemberian air irigasi genangan (Mawardi, 2016, p.188).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan air tanaman sebagai berikut:

#### 1. Topografi

Keadaan topografi mempengaruhi kebutuhan air untuk konsumtif tanaman. Untuk lahan yang miring membutuhkan air yang lebih banyak dari pada lahan yang datar, karena air akan lebih cepat mengalir menjadi aliran permukaan dan hanya sedikit yang mengalami infiltrasi, dengan kata lain kehilangan air di lahan miring akan lebih besar.

#### 2. Hidrologi

Jumlah contoh hujan mempengaruhi kebutuhan air makin banyak curah hujannya, maka makin sedikit kebutuhan air untuk konsumtif tanaman, hal ini di karenakan hujan efektif akan menjadi besar.

#### 3. Klimatologi

Keadaan cuaca adalah salah satu syarat yang penting untuk pengelolaan pertanian. Tanaman tidak dapat bertahan dalam keadaan cuaca buruk. Dengan memperhatikan keadaan cuaca dan cara pemanfaatannya, maka dapat dilaksanakan penanaman tanaman yang tepat untuk periode yang tepat dan sesuai dengan keadaan tanah. Cuaca dapat digunakan untuk rasionalisasi penentuan laju evaporasi dan evapotranspirasi, hal ini sangat bergantung pada jumlah jam penyinaran matahari dan radiasi matahari. Untuk penentuan tahun/periode dasar bagi rancangan irigasi harus dikumpulkan data curah hujan dengan jangka waktu yang sepanjang mungkin. Disamping data curah hujan diperlukan juga penyelidikan evapotranspirasi, kecepatan angin, arah angin, suhu udara, jumlah jam penyinaran matahari, kelembaban.

#### 4. Tekstur tanah

Selain membutuhkan air, tanaman juga membutuhkan tempat untuk tumbuh, yang dalam tehnik irigasi dinamakan tanah. Tanah yang baik untuk usaha pertanian ialah tanah yang mudah dikerjakan dan bersifat produktif serta subur. Tanah yang baik tersebut memberi kesempatan pada akar tanaman untuk tumbuh dengan mudah, menjamin sirkulasi air dan udara serta baik pada zona perakaran dan secara relatif memiliki persediaan hara dan kelembaban tanah yang cukup. Tanaman membutuhkan air. Oleh karena itu, pada zone perakaran perlu tersedia lengas tanah yang cukup. Tetapi walaupun kelembaban tanah

perlu dipelihara, air yang diberikan tidak boleh berlebih. Pemberian air harus sesuai dengan kebutuhan dan sifat tanah serta tanaman.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kebutuhan air tanaman adalah menurut (Limantara, 2010, p.221) sebagai berikut:

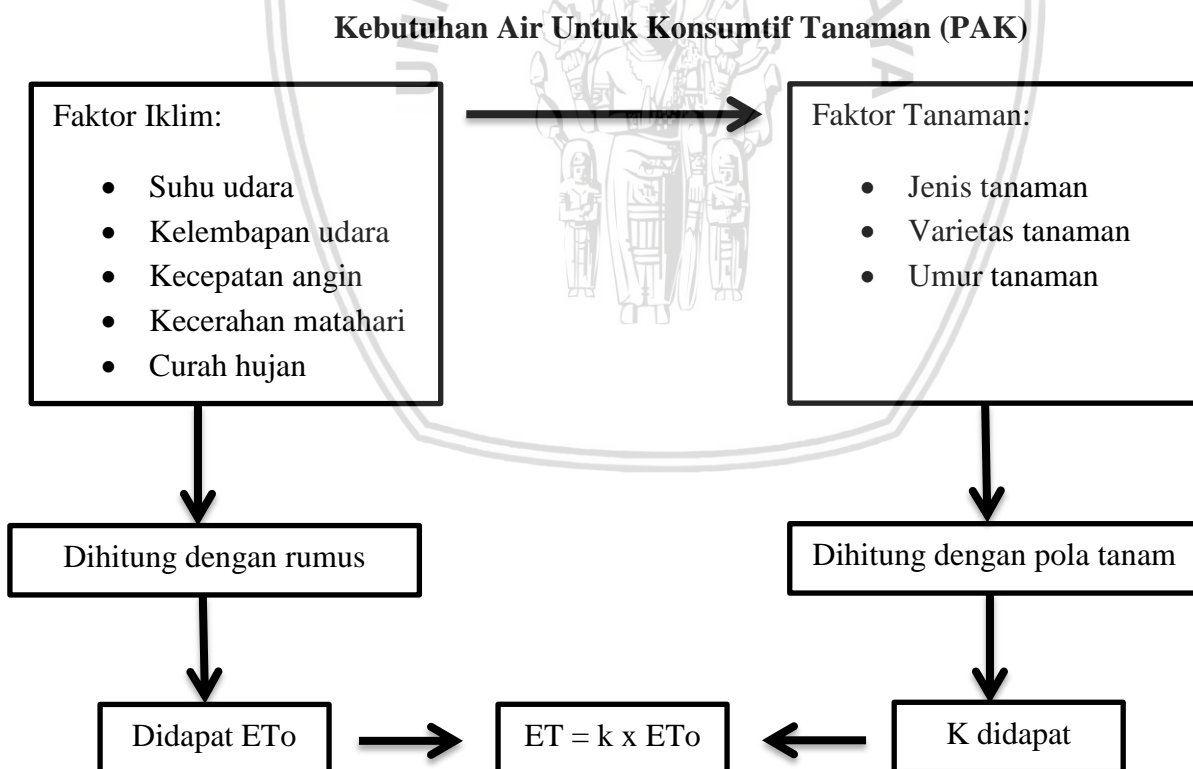
a. Faktor iklim

- Suhu udara.
- Kelembapan udara.
- Kecepatan angin.
- Kecerahan matahari

b. Faktor tanaman

- Jenis tanaman
- Varietas tanaman
- Umur tanaman

Untuk penjelasan berikutnya dapat dilihat pada Gambar 2.4 menunjukkan Diagram Kebutuhan Air Tanaman.



Gambar 2.7 Diagram kebutuhan air untuk konsumtif tanaman  
Sumber: Limantara, 2010, p.221



### 2.8.3. Perkolasi

Perkolasi adalah gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh yang (terletak diantara permukaan tanah sampai ke permukaan air tanah) ke dalam zona jenuh (daerah di bawah permukaan air tanah) (Soemarto, 1987, p.80). Daya perkolasi ( $P_p$ ) adalah laju perkolasi maksimum yang dimungkinkan dan besarnya dipengaruhi kondisi tanah dan muka air tanah. Perkolasi terjadi saat daerah tak jenuh mencapai daya medan (*field capacity*) (Limantara, 2010, p.15).

Perkolasi ini dapat dibedakan menjadi dua, yakni perkolasi vertikal dan horizontal. Menurut hasil penelitian di lapangan, perkolasi vertikal lebih kecil dari pada perkolasi horizontal, angkanya berkisar antara 3 – 10 kali, hal ini terutama untuk sawah-sawah dengan keadaan lapangan yang mempunyai kemiringan besar yaitu sawah dengan teras-teras. Akan tetapi perkolasi horizontal masih dapat dipergunakan lagi oleh petak sawah dibawahnya sehingga perkolasi horizontal tidak diperhitungkan sebagai kehilangan.

Laju perkolasi sangat tergantung pada sifat-sifat tanah. Data-data mengenai perkolasi akan diperoleh dari penelitian kemampuan tanah. Tes kelulusan tanah akan merupakan bagian dari penyelidikan ini. Apabila padi sudah ditanam di daerah proyek, maka pengukuran laju perkolasi dapat dilakukan langsung di sawah. Laju perkolasi normal pada tanah lempung sesudah dilakukan penggenangan berkisar antara 1 mm/hr sampai 3 mm/hr. Pada tanah-tanah yang lebih ringan laju perkolasi bisa lebih tinggi. Di daerah-daerah miring perembesan dari sawah ke sawah dapat mengakibatkan banyak kehilangan air. Di daerah-daerah dengan kemiringan diatas 5%, paling tidak akan terjadi kehilangan 5 mm/hari akibat perkolasi dan rembesan

Dari hasil-hasil penyelidikan tanah pertanian dan penyelidikan kelulusan, besarnya laju perkolasi serta tingkat kecocokan tanah untuk pengolahan tanah dapat ditetapkan dan dianjurkan pemakaiannya. Guna menentukan laju perkolasi, tinggi muka air tanah juga harus diperhitungkan. Perembesan terjadi akibat meresapnya air melalui tanggul sawah (KP-01, 2013, p.168).

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju perkolasi antara lain, yakni:

1. Tekstur tanah

Tanah dengan tekstur halus mempunyai angka perkolasi kecil, sedangkan tekstur yang kasar mempunyai angka perkolasi yang besar.

2. Permeabilitas tanah

Permeabilitas tanah merupakan gaya untuk merembes lewat ruang antara butir tanah. Semakin tinggi nilai permeabilitas tanah, maka semakin tinggi pula tingkat

perkolasi. Semakin kecil nilai permeabilitas tanah, maka semakin kecil pula tingkat perkolasi.

### 3. Tebal lapisan tanah bagian atas

Semakin tipis lapisan tanah bagian atas, maka semakin kecil daya perkolasi.

### 4. Tanaman penutup

Vegetasi tumbuh-tumbuhan yang padat menyebabkan daya infiltrasi semakin besar yang berarti semakin besar pula daya perkolasi.

Dijepang menurut hasil penelitian dilapangan, angka angka perkolasi untuk berbagai jenis tanah disawah dengan lapisan tanah bagian atas (*top soil*) lebih tebal dari 50 cm adalah sebagai berikut Rice Irrigation in Japan, OTCA (1973, p.5). Besar angka perkolasi untuk angka perkolasi padi dan palawija dapat dilihat pada Tabel 2.12 berikut ini.

Tabel 2.12

Hubungan Jenis Tanah dengan Tingkat Perkolasi

Jenis Tanah	Perkolasi (mm / hari)
<i>Sandy Loam</i>	3-6
<i>Loam</i>	2-3
<i>Clay Loam</i>	1-2

Sumber: *Rice Irrigation in Japan* (OTCA), 1973, p.5

Sedangkan Pemerintah Indonesia telah membuat standar pemakaian angka perkolasi seperti disajikan dalam Tabel 2.13 berikut ini.

Tabel 2.13

Hubungan Jenis Tanah dengan Perkolasi

Jenis Tanah	Perkolasi (mm / hari)
Liat	1,0 – 1,5
Liat berdebu	1,5 – 2,0
Lempung liat	2,0 – 2,5
Lempung liat berpasir	2,5 – 3,0
Lempung berpasir	3,0 – 5,0

Sumber: Standart Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01), 2013, p.184

Tabel 2.14

Angka Perkolasi Padi dan Palawija

Jenis Tanah	Angka Perkolasi Padi (mm/hari)	Angka Perkolasi Padi (mm/hari)
Tekstur Berat	1	2
Tekstur Sedang	2	4
Tekstur Ringan	5	10

Sumber: Standart Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01), 2013, p.185

#### 2.8.4. Penyiapan Lahan

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan maksimum air irigasi pada suatu proyek. Faktor-faktor penting yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah (KP-01, 2013, p.161-165):

- a. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan penyiapan lahan.
- b. Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan.

##### Jangka Waktu Penyiapan Lahan

Faktor-faktor penting yang menentukan lamanya jangka waktu penyiapan lahan adalah:

- a. Tersedianya tenaga kerja dan ternak penghela atau traktor untuk menggarap tanah.
- b. Perlunya memperpendek jangka waktu tersebut agar tersedia cukup waktu untuk menanam padi sawah atau padi ladang kedua.

Faktor-faktor tersebut saling berkaitan. Kondisi sosial budaya yang ada di daerah penanaman padi akan mempengaruhi lamanya waktu yang diperlukan untuk penyiapan lahan. Untuk daerah-daerah proyek baru, jangka waktu penyiapan lahan akan ditetapkan berdasarkan kebiasaan yang berlaku di daerah-daerah di dekatnya. Sebagai pedoman diambil jangka waktu 1,5 bulan untuk menyelesaikan penyiapan lahan di seluruh petak tersier.

Bilamana untuk penyiapan lahan diperkirakan akan dipakai peralatan mesin secara luas, maka jangka waktu penyiapan lahan akan diambil satu bulan. Perlu diingat bahwa transplantasi (pemindahan bibit ke sawah) mungkin sudah dimulai setelah 3 sampai 4 minggu di beberapa bagian petak tersier dimana pengolahan lahan sudah selesai.

##### Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan

Pada umumnya jumlah air yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan dapat ditentukan berdasarkan kedalaman serta porositas tanah di sawah. Rumus berikut dipakai untuk memperkirakan kebutuhan air untuk penyiapan lahan.

$$PWR = \frac{(Sa - Sb)N.d}{10^4} + Pd + Fl \dots\dots\dots (2-30)$$

Dengan:

- PWR* = Kebutuhan air untuk penyiapan lahan (mm)  
*Sa* = Derajat kejenuhan tanah setelah penyiapan lahan dimulai (%)  
*Sb* = Derajat kejenuhan tanah sebelum penyiapan lahan dimulai (%)  
*N* = Porositas tanah dalam % pada harga rata-rata untuk kedalaman tanah  
*d* = Asumsi kedalaman tanah setelah pekerjaan penyiapan lahan (mm)  
*Pd* = Kedalaman genangan setelah pekerjaan penyiapan lahan (mm)

$F1$  = Kehilangan air di sawah selama 1 hari (mm)

Masa pra-irigasi diperlukan guna menggarap lahan untuk ditanami dan untuk menciptakan kondisi lembap yang memadai untuk persemaian yang baru tumbuh. Banyaknya air yang dibutuhkan bergantung kepada kondisi tanah dan pola tanam yang diterapkan. Jumlah air 50 sampai 100 mm dianjurkan untuk tanaman ladang dan 100 sampai 120 mm untuk tebu, kecuali jika terdapat kondisi-kondisi khusus (misalnya ada tanaman lain yang ditanam segera sesudah padi).

Untuk tanah berstruktur berat tanpa retak-retak kebutuhan air untuk penyiapan lahan diambil 200 mm. Ini termasuk air untuk penjemuran dan pengolahan tanah. Pada permulaan transplantasi tidak akan ada lapisan air yang tersisa di sawah. Setelah transplantasi selesai, lapisan air di sawah akan ditambah 50 mm. Secara keseluruhan, ini berarti bahwa lapisan air yang diperlukan menjadi 250 mm untuk menyiapkan lahan dan untuk lapisan air awal setelah transplantasi selesai.

Bila lahan telah dibiarkan beres selama jangka waktu yang lama (2,5 bulan atau lebih), maka lapisan air yang diperlukan untuk penyiapan lahan diambil 300 mm, termasuk yang 50 mm untuk penggenangan setelah transplantasi.

Untuk tanah-tanah ringan dengan laju perkolasi yang lebih tinggi, harga-harga kebutuhan air untuk penyelidikan lahan bisa diambil lebih tinggi lagi. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan sebaiknya dipelajari dari daerah-daerah di dekatnya yang kondisi tanahnya serupa dan hendaknya didasarkan pada hasil-hasil penyiapan di lapangan. Walau pada mulanya tanah-tanah ringan mempunyai laju perkolasi tinggi, tetapi laju ini bisa berkurang setelah lahan diolah selama beberapa tahun. Kemungkinan ini hendaknya mendapat perhatian tersendiri sebelum harga-harga kebutuhan air untuk penyiapan lahan ditetapkan menurut ketentuan diatas. Kebutuhan air untuk persemaian termasuk dalam harga-harga kebutuhan air diatas.

### **Kebutuhan Air Selama Penyiapan Lahan**

Untuk perhitungan kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan, digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra, dalam Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum, 1986. Dikemukakan lebih lanjut, bahwa metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam lt/dt selama periode penyiapan lahan dan menghasilkan rumus sebagai berikut (Bardan, 2014:58):

$$IR = \frac{Me^k}{e^k - 1} \dots\dots\dots(2-31)$$

$$M = Eo + P \dots\dots\dots(2-32)$$

$$K = \frac{MT}{S} \dots\dots\dots (2-33)$$

Keterangan:

*IR* = Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

*M* = Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah jenuh

*Eo* = Evapotranspirasi didaerah terbuka yang diambil 1,1 Eto selama penyiapan lahan (mm/hari)

*P* = Perkolasi

*T* = Jangka waktu penyiapan lahan (hari)

*S* = Kebutuhan air untuk penjemuran (mm)

*e* = Bilangan dasar (2,718)

Kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan, diberikan oleh Dirjen Pengairan Dep.

PU seperti Tabel 2.15 berikut ini:

Tabel 2.15

Kebutuhan Air Irigasi Selama Penyiapan Lahan (IR)

<i>MEo + P</i> mm/hari	<i>T</i> = 30 hari		<i>T</i> = 45 hari	
	<i>S</i> = 250 mm	<i>S</i> = 300 mm	<i>S</i> = 250 mm	<i>S</i> = 300 mm
5	11,1	12,7	8,4	9,5
5,5	11,4	13	8,8	9,8
6	11,7	13,3	9,1	10,1
6,5	12	13,6	9,4	10,4
7	12,3	13,9	9,8	10,8
7,5	12,6	14,2	10,1	11,1
8	13	14,5	10,5	11,4
8,5	13,3	14,8	10,8	11,8
9	13,6	15,2	11,2	12,1
9,5	14	15,5	11,6	12,5
10	14,3	15,8	12	12,9
10,5	14,7	16,2	12,4	13,2
11	15	16,5	12,8	13,6

Sumber: Standart Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01) Lampiran II, 2013, p.165

Dalam prakteknya pengolahan tanah tidak didahulukan serentak, misalnya untuk suatu petak tersier. Petak tersier diolah berkisar antara 10-15 hari, sedangkan untuk daerah irigasi yang luas, bisa diselesaikan sekitar 30-45 hari. Hal ini juga tergantung dari pengolahan tanah yang digunakan. Dengan tidak dilakukan serentak maka kebutuhan air tiap harinya bisa lebih kecil. Untuk menghemat pemakaian air irigasi pada saat penyiapan lahan, maka dilakukan hal-hal sebagai berikut (Wirosoedarmo, 1985, p.103):

1. Penyiapan lahan tidak dilakukan sekaligus atau serentak dalam waktu singkat, karena terbatasnya persediaan tenaga, selain itu mengganggu bibit yang dilakukan penyemaian.



2. Saat penyiapan lahan untuk tanaman padi pada musim hujan, biasanya menunggu cukup turunnya hujan sehingga dapat menggunakan curah hujan seefektif mungkin dan pada saat penyiapan lahan untuk padi gadu biasanya kondisi tanahnya masih lembab.

Untuk menyikapi perubahan iklim yang selalu berubah dan juga dalam rangka penghematan air maka diperlukan suatu metode penghematan air pada saat pasca konstruksi.

Pada saat ini perhitungan kebutuhan air dihitung secara konvensional yaitu dengan metode genangan, yang berkonotasi bahwa metode genangan adalah metode boros air.

Metode perhitungan kebutuhan air yang paling menghemat air adalah metode Intermitten yang di Indonesia saat ini dikenal dengan nama SRI atau *System Rice Intensification*.

SRI adalah metode penghematan air dan peningkatan produksi dengan jalan pengurangan tinggi genangan disawah dengan sistem pengaliran terputus putus (*intermiten*). Metode ini tidak direkomendasi untuk dijadikan dasar perhitungan kebutuhan air, tetapi bisa sebagai referensi pada saat pasca konstruksi.

#### **2.8.5. Penggantian Lapisan Air (WLR)**

Penggantian lapisan air erat hubungannya dengan kesuburan tanah. Beberapa saat setelah penanaman, air yang digenangkan di permukaan tanah akan kotor dan mengandung zat-zat yang tidak lagi diperlukan tanaman, bahkan akan merusak. Air genangan ini perlu dibuang agar tidak merusak tanaman di lahan. Saat pembuangan lapisan genangan, sampah-sampah yang ada di permukaan air akan tertinggal, demikian pula lumpur yang terbawa dari saluran saat pengairan. Air genangan yang dibuang perlu diganti dengan air baru yang bersih. Adapun ketentuan-ketentuan penggantian lapisan air (*Water Level Requirement*) adalah sebagai berikut (KP-01, 2013, p.186):

1. Setelah pemupukan, usahakan untuk menjadwalkan dan mengganti lapisan air menurut kebutuhan.
2. Jika tidak ada penjadwalan semacam itu, lakukan penggantian sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/ hari selama 1½ Bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

Langkah yang digunakan untuk menghitung besarnya kebutuhan air untuk penggantian lapisan air adalah sebagai berikut:

1. Menghitung besarnya kebutuhan air selama periode yang telah ditentukan sebelumnya.

Nilai tersebut diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_p = \frac{c}{n} \dots\dots\dots (2-34)$$

dengan:

$C_p$  = Kebutuhan air untuk penjenruhan lapisan per periode (mm/hari).

$C$  = Kebutuhan air untuk penggantian lapisan air (mm).

$n$  = Jangka waktu penggantian lapisan air (hari).

2. Menghitung besarnya kebutuhan air untuk penggantian lapisan air dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$C_{PLA} = C_p \times \text{Rasio Luas Tanam} \dots\dots\dots (2-35)$$

dengan:

$C_{PLA}$  = Kebutuhan air untuk penyiapan lahan (mm/hari)

$C_p$  = Kebutuhan air untuk penjenruhan lahan (mm/hari)

### 2.8.6. Efisiensi Irigasi

Efisiensi irigasi adalah perbandingan air yang dipakai dan air yang disadap, dinyatakan dalam persen. Sedangkan efisiensi total adalah perkalian efisiensi saluran tersier, saluran sekunder, dan saluran primer.

$$Ef = \frac{\text{Σair yang digunakan}}{\text{Σair yang diberikan}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-36)$$

Untuk tujuan-tujuan perencanaan, dianggap bahwa seperempat sampai sepertiga dari jumlah air yang diambil akan hilang sebelum air itu sampai di sawah. Pada umumnya kehilangan air di jaringan irigasi dapat dibagi-bagi sebagai berikut:

- a. 12,5% - 20% di petak tersier, antara bangunan sadap tersier dan sawah.
- b. 5% - 10% di saluran sekunder.
- c. 5% - 10% di saluran utama.

Besaran angka kehilangan di jaringan irigasi jika perlu didukung dengan hasil penelitian dan penyelidikan. Dalam hal waktu, tenaga, dan biaya tidak tersedia maka besaran kehilangan air irigasi bisa didekati dengan alternatif pilihan sebagai berikut:

- a) Memakai angka penelitian kehilangan air irigasi didaerah irigasi lain yang mempunyai karakteristik yang sejenis.
- b) Angka kehilangan air irigasi praktis yang sudah diterapkan pada daerah irigasi terdekat.

Tabel 2.16  
Efisiensi Berdasarkan Standart Perencanaan Irigasi

Saluran	Efisiensi irigasi (%)
Primer	75 - 80
Sekunder	65 - 75
Tersier	50 - 65
Total Keseluruhan	60

Sumber: Standar Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01) Lampiran II, 2013, p.177

Menurut Wirosodarmo (1985:84) sebelum sampai di petak sawah, air harus dialirkan dari sumbernya melalui saluran-saluran induk, sekunder, dan tersier. Sistem saluran terjadi kehilangan-kehilangan debit yang disebabkan rembesan, perkolasi, dan kekurangtelitian didalam eksploitasi. Kehilangan air irigasi dinamakan efisiensi irigasi yang besarnya adalah perbandingan antara jumlah air yang nyata bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman ditambah perkolasi lahan dengan jumlah air yang dikeluarkan dari pintu pengambilan.

Kehilangan ditentukan oleh pelaksanaan eksploitasi ada tiga tingkatan, yaitu:

- Kehilangan air di tingkat tersier, melalui kehilangan air di sawah, di saluran kuarter, dan saluran tersier.
- Kehilangan air di tingkat primer, melalui kehilangan air di saluran primer.
- Kehilangan air di tingkat sekunder, meliputi kehilangan air di saluran sekunder.

Faktor yang mempengaruhi kehilangan air adalah:

- Kehilangan air di tingkat tersier dan di sawah
  - Kebocoran pematang
  - Kehilangan karena pemakaian
    - Kerjasama Tingkat Pemakai Air
    - Tingkat Pengawasan Pemakai Air
  - Pemberian air tidak dilaksanakan
  - Tidak sempurnanya bangunan pelimpah dan pintu
  - Rembesan pada saluran tersier dan kuarter
    - Tekstur Tanah
    - Permeabilitas Tanah
    - Umur Saluran
    - Kepadatan Tanggul
  - Kebocoran pada saluran tersier dan kuarter
    - Tingkat Pemeliharaan Saluran

- Penyadap-Penyadap Liar

2. Kehilangan air di tingkat saluran primer dan sekunder yang terdiri dari:

- a. Rembesan
- b. Penyadap liar
- c. Kebocoran
- d. Pengaruh pemeliharaan saluran dan tanggul
- e. Pengaruh pemeliharaan pintu

Faktor-faktor yang mempengaruhi kehilangan air adalah:

1) Panjang saluran

Makin panjang saluran, kemungkinan kehilangan airnya semakin besar.

2) Keliling basah saluran

Makin besar keliling basah saluran, makin besar pula kehilangan air.

3) Lapisan saluran

Saluran yang tidak dilining lapisan pengeras akan terjadi penggenangan air. Ini disebabkan rembesan dan perkolasi.

4) Kedudukan air tanah

Makin tinggi kedudukan air tanah, makin kecil pula faktor peresapan yang terjadi.

5) Luas permukaan air pada saluran

Makin luas permukaan yang terjadi karena adanya penguapan.

## **2.8.7. Pola Tata Tanam**

### **2.8.7.1. Pola Tanam**

Peningkatan efisiensi pemberian air irigasi pada areal pertanian dapat diupayakan dengan usaha pengaturan pola tata tanam. Pola tanam merupakan susunan dan jenis tanaman yang ditanam dalam satu satuan luas pada satu tahun di suatu areal sawah. Tata tanam adalah pengaturan waktu, tempat, jenis tanaman, dan luas pertanaman pada musim penghujan dan kemarau. Menurut Wirosoedarmo (1985) pola tata tanam adalah jadwal tanam dan jenis tanaman yang diusahakan dalam satu satuan luas pada satu musim tanam.

Perencanaan pola tata tanam disesuaikan dengan ketersediaan air, kebutuhan air bagi tanaman, dan penggunaan air secara efisien. Pola tata tanam yang berlaku pada setiap daerah akan berbeda dengan daerah lain, karena karakteristik setiap daerah juga berbeda. Pola tata tanam tergantung dari ketersediaan air irigasi, musim, jumlah tenaga kerja, jenis tanah, dan umur tanaman (KP-01, 2015, p.20). Dua hal pokok yang mendasari diperlukannya pola tata tanam, yaitu:

- a. Persediaan air irigasi (dari sungai) di musim kemarau yang terbatas.
- b. Air yang terbatas harus dimanfaatkan sebaik-baiknya sehingga setiap petak mendapatkan air sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan.

Tujuan pola tata tanam adalah untuk memanfaatkan persediaan air irigasi seefektif mungkin sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Sedangkan tujuan dari penerapan pola tata tanam sebagai berikut:

1. Menghindari ketidakseragaman tanaman.
2. Menetapkan jadwal waktu tanam agar memudahkan dalam usaha pengelolaan air irigasi.
3. Peningkatan efisiensi irigasi.
4. Persiapan tenaga kerja untuk penyiapan lahan agar tepat waktu.
5. Meningkatkan hasil produksi pertanian.

Berdasarkan pengertian tata tanam seperti diatas, menurut Wirosoedarmo (1985) ada empat faktor yang harus diatur, yaitu:

#### 1. Waktu

Pengaturan waktu dalam perencanaan tata tanam merupakan hal yang pokok. Wilayah Indonesia memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Oleh karena itu dalam awal tanam merupakan hal yang penting untuk direncanakan. Pada awal tanam, biasanya musim hujan belum turun sehingga persediaan air relatif kecil. Untuk menghindari kekurangan air, maka waktu penggarapan dan urutan tata tanam pada waktu penyiapan lahan diatur sebaik-baiknya.

#### 2. Tempat

Pengaturan tempat masalahnya hampir sama dengan pengaturan waktu. Dengan dasar pemikiran bahwa tanaman membutuhkan air dan persediaan air yang ada dipergunakan bagi tanaman. Untuk dapat mencapai hal itu tanaman diatur tempat penanamannya, agar pelayanan irigasi dapat lebih mudah.

#### 3. Pengaturan jenis tanaman

Setiap jenis tanaman mempunyai tingkat kebutuhan air yang berbeda-beda. Berdasarkan hal tersebut, jenis tanaman yang diusahakan harus diatur agar kebutuhan air dapat terpenuhi. Jenis tanaman yang diatur pola tata tanamnya adalah tanaman semusim, seperti padi, jagung, kedelai, dan tebu. Menurut Soekarto (1979) jenis tanaman yang diusahakan adalah:



a. Tanaman padi

Padi merupakan tanaman yang memerlukan banyak air selama pertumbuhannya. Perkiraan kebutuhan air untuk tanaman padi adalah 4 kali kebutuhan air untuk tanaman palawija.

b. Tanaman tebu

Selain tanaman padi, tanaman lain yang perlu diperhatikan dalam hal pengairan adalah tanaman tebu. Tanaman tebu diberi air secukupnya pada musim kemarau tetapi tebu tidak perlu diairi pada musim hujan. Perkiraan kebutuhan air untuk tanaman tebu adalah 1,5 kali kebutuhan air untuk tanaman palawija.

c. Tanaman palawija

Yang termasuk dalam tanaman palawija antara lain, jagung, kedelai, tembakau, kapas, cabe, kacang, dan lain-lain. Tumbuhan tersebut biasanya ditanam dalam musim kemarau dan tidak membutuhkan banyak air. Kebutuhan air untuk tanaman palawija adalah 0,2-0,25 l/dt/ha.

4. Pengaturan luas tanaman

Pengaturan luas tanaman hampir sama dengan pengaturan jenis tanaman. Luas tanam mempengaruhi besarnya intensitas tanam. Intensitas tanam adalah perbandingan antara luas tanam per tahun dengan luas lahan. Semakin luas area tanam yang diairi, maka kebutuhan air irigasi semakin banyak. Pengaturan pada pembahasan luas tanaman akan membatasi besarnya kebutuhan air bagi tanaman yang bersangkutan. Pengaturan ini hanya terjadi pada daerah yang airnya terbatas, misalnya jika persediaan air irigasi yang sedikit, petani hanya boleh menanam palawija.

5. Debit yang tersedia

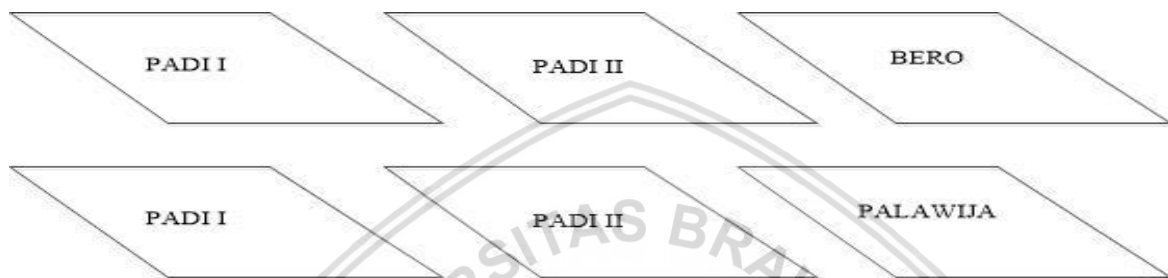
Apabila debit yang tersedia cukup besar, maka hampir semua jenis tanaman dapat dipenuhi kebutuhannya sehingga pada umumnya pemberian air dapat dilakukan terus-menerus.

Jenis pola tata tanam menurut Standar Kriteria Perencanaan Irigasi (2015), penentuan jenis pola tata tanam disesuaikan dengan debit air yang tersedia pada setiap musim tanam. Jenis pola tanam suatu daerah irigasi dapat digolongkan berikut ini:

Tabel 2.17  
Pola Tanam

Ketersediaan air untuk jaringan irigasi	Pola tanam satu tahun
1. Tersedia air dalam jumlah banyak	Padi-padi-palawija
2. Tersedia air dalam jumlah cukup	Padi-padi-bera Padi-palawija-palawija
3. Daerah yang sedang kekurangan air	Padi-palawija-bera Palawija-padi-bera

Sumber: Edisono dkk, 1997



Gambar 2.8 Model pola tanam

Sumber: Standar Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01), 2015, p.120

#### 2.8.7.2. Jadwal Tanam

Tujuan penyusunan jadwal tanam adalah agar air yang tersedia dapat dimanfaatkan dengan efektif untuk irigasi, sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan tiap lahan. Pada musim kemarau, kekurangan jumlah air dapat diatasi dengan mengatur pola tata tanam sesuai tempat, jenis tanaman, dan luas lahan. Penentuan jadwal tata tanam harus disesuaikan dengan jadwal penanaman yang ditetapkan dalam periode musim hujan dan musim kemarau.

Dalam satu tahun terdapat dua musim, yaitu musim hujan (Oktober-Maret) dan musim kemarau (April-September). Di Indonesia, dikenal ada tiga musim tanam dalam satu tahunnya yakni musim tanam utama (MT1), musim tanam gadu (MT2), dan musim tanam kemarau (MT3). Batasan waktu tersebut digunakan untuk menentukan awal penanaman padi (di musim hujan), demikian pula untuk tanaman lainnya.

Musim tanam utama adalah musim tanam yang dilaksanakan pada saat musim penghujan baik di tanah basah (tanah yang pengalirannya bagus) dan tanah kering (tadah hujan). Musim tanam utama di mulai pada November sampai Maret. Musim tanam gadu adalah musim tanam yang tidak ada pengairannya dan mengandalkan air hujan atau tadah hujan. Musim tanam gadu ini dimulai pada April sampai Juli. Musim tanam kemarau

dengan catatan sistem pengairan atau irigasinya harus bagus. Musim tanam kemarau ini terjadi Agustus, September, dan Oktober.

Walaupun padi dapat ditanam sepanjang tahun, tetapi pada dasarnya petani menanam padi berdasarkan ketersediaan air, yang dapat menjadi tiga periode tanam, yaitu:

1. Musim tanam utama (rendeng), pada November, Desember, Januari, Februari dan Maret.
2. Musim tanam gadu, pada April, Mei, Juni, Juli.
3. Musim tanam kemarau, pada Agustus, September, dan Oktober.

## 2.9. Neraca Air

Untuk mengetahui kebutuhan air irigasi untuk tanaman dan debit andalan yang tersedia di intake maka dibuat neraca air untuk suatu daerah irigasi. Sehingga kekurangan dan kelebihan air dapat dipantau atau dievaluasi pada perencanaan selanjutnya.

Dalam perhitungan neraca air, kebutuhan pengambilan yang dihasilkannya untuk pola tanam yang dipakai akan dibandingkan dengan debit andalan untuk tiap setengah bulan dan luas daerah yang bisa diairi. Apabila debit sungai melimpah, maka luas daerah proyek irigasi adalah tetap karena luas maksimum daerah layanan (*command area*) dan proyek akan direncanakan sesuai dengan pola tanam yang dipakai. Bila debit sungai tidak berlimpah dan kadang-kadang terjadi kekurangan debit, maka ada tiga pilihan yang bisa dipertimbangkan (KP-01, 2013, p.105)

1. Luas daerah irigasi dikurangi  
Bagian-bagian tertentu dari daerah yang bisa diairi (luas maksimum daerah layanan) tidak akan diairi.
2. Melakukan modifikasi dalam pola tanam  
Dapat diadakan perubahan dalam pemilihan tanaman atau tanggal tanam untuk mengurangi kebutuhan air irigasi di sawah (l/dt/ha) agar ada kemungkinan untuk mengairi areal yang lebih luas dengan debit yang tersedia.
3. Rotasi teknis golongan
4. Untuk mengurangi kebutuhan puncak air irigasi. Rotasi teknis atau golongan mengakibatkan eksploitasi yang lebih kompleks dan dianjurkan hanya untuk proyek irigasi yang luasnya sekitar 10.000 ha atau lebih.

Parameter tinjauan neraca air ini adalah meliputi ketersediaan air yang masing-masing titik tinjau (*control point*) dan kebutuhan yang harus dilayani di titik tersebut dengan rangkaian sistem yang saling berhubungan mulai dari hulu-tengah- hilir. Dari neraca air ini

akan diperoleh hasil berupa faktor kegagalan, yang merupakan perbandingan antara ketersediaan air dan kebutuhan air dimana jika perbandingan tersebut kurang dari 0.70 (70%) maka sistem penyediaan air tersebut dianggap gagal.

## 2.10. Model Optimasi

Pengertian optimasi berhubungan erat dengan maksimasi tetapi dengan batasan (*constraint*). Mengoptimalkan identik dengan memaksimumkan sesuatu dengan sumber daya yang terbatas. Optimasi dalam pengelolaan sumber daya air dibedakan dalam dua kategori. Yaitu sebelum bangunan air jadi dan sesudah bangunan air itu jadi (Limantara & Soetopo, 2011, p.15)

Bahasan dalam studi ini merupakan optimasi sesudah bangunan air jadi. Bagian yang dioptimumkan adalah pola pengoperasian airnya dengan tujuan memaksimumkan manfaat bersih (*net benefit*).

Secara umum, model optimasi adalah suatu proses pemilihan alternatif yang terbaik diantara sejumlah alternatif-alternatif solusi yang tersedia. Adapun suatu alternatif solusi dapat diilustrasikan dalam gambar berikut ini.



Gambar 2.9 Alternatif solusi

Sumber: Soetopo, 2012, p.71

Jadi suatu alternatif solusi menerima input berupa sejumlah nilai-nilai dari variabel keputusan (*decision variable*) dan menghasilkan suatu nilai output yang merupakan ukuran kinerja dari alternatif solusi yang bersangkutan. Nilai output bisa merupakan keuntungan (misalnya produksi PLTA atau produksi daerah irigasi) ataupun merupakan kerugian (misalnya kerusakan akibat banjir) (Soetopo, 2012, p.71).

### 2.10.1. Optimasi dengan Program Linier

Optimasi adalah suatu rancangan dalam pemecahan model-model perencanaan dengan mendasarkan pada fungsi matematika yang membatasi. *Linier Programming* atau program linier adalah penyelesaian optimasi dengan menggunakan persamaan linier (Limantara & Soetopo, 2011, p.16).

Dalam pengerjaannya program linier memiliki beberapa kelebihan-kelebihan yaitu (Limantara dan Soetopo, 2011, p.16):

1. Metode ini dapat dipakai untuk menyelesaikan sistem dengan perubah dan kendala yang cukup banyak.
2. Penggunaan metode ini mudah, selain itu ditunjang oleh banyak paket program yang sudah beredar.
3. Fungsi matematika sederhana.
4. Hasilnya cukup handal.

Langkah-langkah di dalam melaksanakan perhitungan program linier adalah:

1. Membuat model optimasi.
2. Menentukan sumber-sumber yang akan dioptimasi (dalam hal ini air dimanfaatkan untuk irigasi).
3. Menghitung kuantitas maksimal dan keluaran untuk setiap satuan kegiatan.
4. Penyusunan model matematika.

Perumusan masalah dalam teknik optimasi dengan program linier memiliki tiga macam variabel, yaitu variabel kendala, variabel putusan, dan variabel tujuan.

#### 1) Variabel putusan

Adalah variabel yang akan dicari dan memberi nilai. Nilai pada variabel putusan ini akan menjadi input bagi alternatif solusi dan akan menghasilkan suatu nilai output paling baik bagi tujuan yang hendak dicapai. Dalam studi ini variabel putusan yang diambil adalah pola penentuan luas lahan tiap jenis tanaman dalam satu daerah irigasi.

#### 2) Variabel tujuan

Adalah fungsi matematika yang harus dimaksimumkan atau diminimumkan, dan mencerminkan tujuan yang hendak dicapai. Dalam studi ini variabel tujuan yang ingin dicapai yaitu memaksimalkan nilai keuntungan dan luas lahan masing-masing tanaman untuk tiap musim tanam selama satu tahun serta mengatasi ketidakseimbangan neraca air irigasi.



### 3) Variabel kendala

Adalah fungsi matematika yang menjadi kendala bagi usaha untuk memaksimumkan atau meminimumkan fungsi tujuan. Dalam suatu analisa optimasi, sumber daya yang akan dianalisa harus dalam keadaan terbatas. Keterbatasan sumber daya tersebut dinamakan sebagai syarat ikatan atau kendala. Fungsi kendala ini merupakan persamaan yang membatasi kegunaan utama dan bentuk fungsi kendala ini adalah luas total baku sawah. Kendala luas baku sawah ini yaitu luas lahan yang bisa ditanami oleh tanaman untuk setiap pola tata tanam. Selain itu juga keterbatasan potensi air yang ada di daerah irigasi juga merupakan variabel kendala yang menjadi pembatas.

Program linier merupakan perencanaan aktivitas-aktivitas untuk memperoleh suatu hasil yang optimum, yaitu suatu hasil yang dapat mencapai tujuan terbaik diantara seluruh alternatif. Program linier dipakai untuk menyelesaikan kasus yang mana semua hubungan antar variabelnya adalah linier, baik pada persamaan dan ketidaksamaan kendala (*constraint*) maupun pada fungsi sasaran atau fungsi obyektif (*objective function*).

#### 2.10.2. Formulasi Program Linier

Model matematis yang digunakan untuk mengemukakan suatu permasalahan pemrograman linier dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Limantara, 2000, p.20):

##### 1. Fungsi tujuan

Fungsi matematika yang harus dimaksimumkan atau diminimumkan, dan mencerminkan tujuan yang hendak dicapai.

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n \dots\dots\dots(2-37)$$

Dalam studi ini tujuan yang akan dicapai adalah untuk memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya dalam kaitannya dengan usaha pertanian untuk setiap periode musim tanam.

Fungsi tujuan Memaksimumkan:

$$Z = \sum_{n=1}^n c_n x_n \dots\dots\dots(2-38)$$

Keterangan:

$Z$  = Fungsi tujuan (keuntungan maksimum hasil pertanian/Rp)

$C_n$  = Keuntungan bersih irigasi sawah (Rp/ha)

$X_n$  = Luas areal irigasi (ha)

## 2. Fungsi kendala

Fungsi matematika yang menjadi kendala bagi usaha untuk memaksimumkan atau meminimumkan fungsi tujuan, mewakili kendala yang harus dicapai.

Fungsi kendala:

$$1. a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n} \leq b_1 \dots\dots\dots (2-39)$$

$$2. a_{12}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2 \dots\dots\dots (2-40)$$

$$3. a_{s1} X_1 + a_{s2}X_2 + \dots + a_{sn}X_n \leq b_s \dots\dots\dots (2-41)$$

$$4. X_1 \geq 0 ; X_2 \geq 0; \dots ; X_n \geq 0 \dots\dots\dots (2-42)$$

Dalam suatu analisa optimasi, sumber daya yang akan dianalisa harus dalam keadaan terbatas. Keterbatasan sumber daya tersebut dinamakan sebagai syarat ikatan atau kendala. Fungsi kendala ini merupakan persamaan yang membatasi kegunaan utama dan bentuk fungsi kendala ini adalah besar debit dan luas lahan.

a. Kendala volume debit, yaitu debit air yang dibutuhkan tanaman pada periode bulan berdasarkan hasil perhitungan.

$$\sum_{n=1}^n a_{sn} x_n \leq b_s \dots\dots\dots (2-43)$$

dan

$$x_n \geq 0 \dots\dots\dots (2-44)$$

untuk  $s = 1, 2, 3, \dots, s$

untuk  $n = 1, 2, 3, \dots, s$

dimana:

$Z$  = Fungsi tujuan (keuntungan maksimum hasil pertanian) (Rp)

$x_n$  = Variabel sasaran irigasi (luas areal irigasi) (Ha)

$a_{sn}$  = Konstanta (volume kebutuhan air irigasi) ( $m^3$ /Ha)

$b_s$  = Volume ketersediaan air ( $m^3$ )

$c_n$  = Keuntungan / manfaat bersih irigasi sawah (Rp/Ha)

$m$  = Jumlah kendala

$n$  = Jumlah variabel keputusan

b. Kendala luas lahan, yaitu luas lahan yang bisa ditanami oleh tanaman untuk setiap pola tata tanam.

$$K = X_1 + X_2 + X_3 \leq X_t \dots\dots\dots (2-45)$$

dengan:

$K$  = Fungsi kendala

$X_1$  = Luas padi

$X_2$  = Luas palawija

$X_3$  = Luas palawija

$X_t$  = Luas lahan

### 2.10.3. Penyelesaian Program Linier

Penyelesaian masalah optimasi dengan program linier dimulai dengan menentukan variabel-variabel keputusan yang hendak dicari nilai optimumnya, yang kemudian dibentuk fungsi tujuannya. Kemudian diidentifikasi kendala-kendala yang dihadapi dan dinyatakan secara fungsional, berupa persamaan atau pertidaksamaan. Sesudah pemodelan selesai barulah dilakukan perhitungan atau iterasi untuk mencapai kondisi optimum.

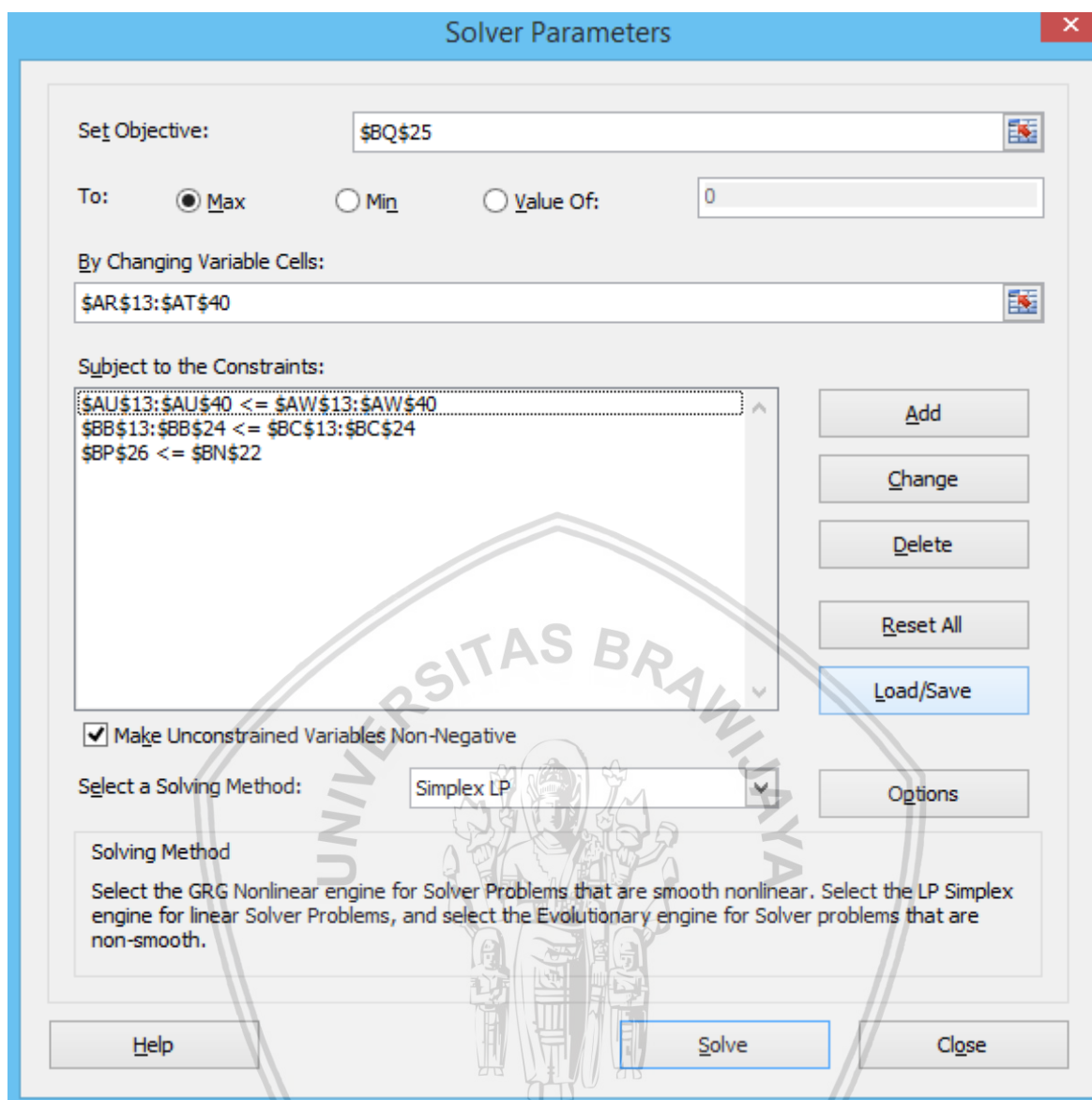
Penyelesaian program linier yang memiliki jumlah variabel keputusan kurang dari sama dengan dua ( $n \leq 2$ ) maka dapat dipakai secara grafis. Sedangkan untuk persamaan yang memiliki jumlah variabel keputusan lebih dari sama dengan dua ( $n \geq 2$ ), maka penyelesaiannya harus menggunakan cara matematis/analitis.

Untuk sebagian besar permasalahan yang ada khususnya dalam bidang sumberdaya air biasanya memiliki variabel keputusan yang cukup banyak, dan cara penyelesaian yang tepat adalah dengan cara matematis/analitis. Saat ini sudah banyak program-program aplikasi komputer yang dikembangkan berdasarkan metode simpleks yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan program linier. Diantaranya yaitu *TORA*, *QS*, *QSB*, dan lain sebagainya. Dalam studi ini menggunakan perangkat lunak yang ada yaitu fasilitas *Solver* dalam *Microsoft Excel* untuk menyelesaikan permasalahan program linier sesuai dengan permasalahan yang ada dilapangan.

### 2.10.4. Penyelesaian Fasilitas Solver

*Solver* merupakan fasilitas pencari solusi yang ada dalam perangkat lunak *Microsoft Excel* yang dikembangkan dari metode simpleks. Apabila pada menu *Microsoft Excel* tidak terdapat fasilitas *solver*, maka dapat di instal di *Add-Ins* yang ada di *Microsoft Excel*. Dalam perhitungan dengan *solver* harus memenuhi tiga hal yaitu:

1. Target yang ingin dicapai
2. Kendala yang harus dipenuhi
3. Sel yang diubah-ubah isinya untuk ditentukan nilainya agar target dan kendala dipenuhi.



Gambar 2.10 Fasilitas solver dalam microsoft excel

Sumber: Microsoft Excel, 2017

Langkah pertama yang diberikan yaitu menentukan nilai terkaan pada sel yang diubah tersebut. *Solver* akan melakukan proses coba dan salah berdasarkan nilai terkaan yang diberikan hingga akhirnya diperoleh solusi yang memenuhi tujuan dan kendala.

Tahap-tahap dalam menggunakan fasilitas *solver* yaitu:

1. Tentukan nilai target dan tujuan.
2. Tentukan nilai kendala.
3. Masuk program *Microsoft Excel*.
4. Buat lembar kerja pada *Microsoft Excel*.
5. Pilih *range*.
6. Beri perintah *insert, name, create*.
7. Tandai kotak cek *left column*.

8. Pilih *ok*.
9. Nilai  $X_1, X_2, \dots, X_n$  diberi nilai terkaan coba-coba.
10. Tulis rumus tujuan dan kendala.
11. Beri perintah *tools, solver*, kotak dialog tampil.
12. Isikan *range target*.
13. Pilih kotak *text by changing cells*, masuk *range* yang akan diubah.
14. Masukkan nilai kendala, dengan memilih *add*, kotak dialog akan tampil dan akhiri dengan *ok*.
15. Pilih *solver* (tekan *enter*).
16. Setelah melakukan perhitungan sejenak, *Microsoft Excel* akan menampilkan kotak dialog *Solver result* yang memberi tahu bahwa solusi telah ditemukan.
17. Pilih *ok*, selesai (nilai pada  $X_1, X_2$  dan nilai tujuan akan berubah yang merupakan nilai solusi).

### 2.11. Sistem Pemberian Air Irigasi

Sistem pemberian air yang akan diterapkan pada suatu lahan pertanian merupakan masalah pokok sebelum jaringan tersier direncanakan. Pemilihan sistem pemberian air dan jenis tanaman bertujuan agar kebutuhan air di jaringan irigasi selama masa irigasi sesuai dengan air yang tersedia.

Pada musim penghujan dimana ketersediaan air cukup untuk kebutuhan irigasi, maka pembagian airnya dilakukan secara terus-menerus. Sedangkan pada musim kemarau dimana kemungkinan terjadi kekurangan air karena persediaan air yang sangat terbatas, maka pemberian air dilakukan secara bergiliran. Pemberian air untuk tanaman berbeda-beda, tergantung dengan iklim, tanah, debit air, kebutuhan tanaman dan kebiasaan petani. Menurut cara pemberiannya, pemberian air untuk tanaman padi sebagai berikut (Limantara, 2008, p.36-45).

#### 2.11.1. Sistem Pemberian Air Irigasi Rotasi

Irigasi secara rotasi adalah pemberian air secara bergantian menurut bagian daerah atau blok tertentu dalam jadwal tertentu dalam jangka waktu yang telah ditentukan sesuai gilirannya. Sistem rotasi yang dilaksanakan ada 2 macam, yaitu (Limantara, 2008, p.36-45):

1. Metode waktu tetap-debit variabel

Dengan sistem ini pemberian air kepada satu unit daerah irigasi dilaksanakan dalam jangka waktu tertentu biasanya 24 jam. Tetapi besar debit dapat berubah sesuai dengan



debit yang tersedia, debit maksimum yang dibutuhkan untuk masing-masing unit dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q = A RI \frac{ET+P}{Eff \ 8,64} \dots\dots\dots (2-46)$$

dengan:

$Q$  = debit maksimum (lt/dt)

$A$  = luas untuk rotasi (ha)

$RI$  = jumlah unit rotasi

$ET$  = evapotranspirasi (mm/hari)

$P$  = perkolasi (mm/hari)

## 2. Metode waktu variabel-debit tetap

Dengan metode ini pemberian air kepada satu unit rotasi dilaksanakan dengan besar debit yang tetap, tetapi waktunya berubah-ubah disesuaikan dengan tersedianya air di saluran primer. Lamanya waktu yang diperlukan untuk mengairi masing-masing unit dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$T = \frac{a_1}{A_T} 24 RI \dots\dots\dots (2-47)$$

dengan:

$T$  = jangka waktu untuk mengairi masing-masing unit rotasi (jam)

$A_T$  = luas area persawahan (ha)

$a_1$  = luas unit rotasi (ha)

$RI$  = jumlah unit rotasi

Pemanfaatan secara maksimum curah hujan yang ada akan sangat membantu peningkatan efisiensi air irigasi. Pada intinya besarnya debit air dapat dikurangi apabila turun hujan di daerah irigasi.

### 2.11.2. Sistem Pemberian Air Irigasi Giliran

Pada umumnya sering terjadi kekurangan air irigasi selama musim kemarau, terutama pada petak yang terakhir. Jika hal tersebut terjadi, pengairan saluran-saluran harus digilir untuk menghindari kehilangan air yang banyak selama pengaliran.

Giliran pada tingkat kwarter dilakukan apabila debit yang mengalir  $< 15$  lt/detik, untuk debit  $> 15$  lt/detik pemberian air dilakukan secara terus menerus. Jatah waktu giliran (Limantara, 2008, p.36-45):

$$qn = (Q - Lo) \frac{An}{A} \dots\dots\dots (2-48)$$

dengan:

$qn$  = jatah waktu untuk kwarter  $n$

$Q$  = debit pada pengambilan tersier

$Lo$  = kehilangan total pada saluran tersier dan sub tersier

$A$  = tota baku palawija relatif

$An$  = baku palawija pada petak kwarter

Atau metode yang paling sering dipakai adalah sebagai berikut:

$$T = \frac{A_i}{A_{total}} 24 RI \dots\dots\dots(2-49)$$

dengan:

$T$  = jangka waktu untuk mengairi masing-masing unit rotasi (jam)

$A_i$  = luas lahan yang diairi (ha)

$A_{tot}$  = luas total lahan (ha)

$RI$  = rasio interval

Pembagian air dengan cara ini semua lahan diberi air namun periodenya yang berbeda.

### 2.11.3. Sistem Pemberian Air Irigasi Golongan

Persediaan air dalam jangka waktu satu tahun tidak tetap, artinya ada bulan-bulan yang persediaan airnya cukup ada pula yang tidak. Pada musim penghujan padi mulai ditanam. Penggarapan tanah mulai dilakukan diawal musim hujan, dimana pada saat itu persediaan air mulai sedikit. Jika seluruh lahan air dalam waktu bersamaan, kebutuhan air tidak akan tercukupi. Mengingat hal tersebut, dalam sistem penanaman padi rendeng, lahan dibagi menjadi beberapa golongan. Sistem golongan adalah mencari (memisah-misahkan periode-periode pengolahan/penggarapan) dengan maksud menekan kebutuhan air maksimum.

Pengaturan-pengaturan umum terhadap golongan-golongan adalah sebagai berikut (Limantara, 2008, p.36-45):

1. Petak tersier terdiri dari 4 petak sub tersier yang diusahakan mempunyai luas sama, pemberian air dibedakan 3 kondisi, yaitu:

- a. Tahap I

Debit yang ada  $Q_s = (75-100)\% Q_{renc} \dots\dots\dots(2-50)$

Pembagian air kontinu terdapat petak-petak tersier.

- b. Tahap II

Debit yang ada  $Q_s = (50-70)\% Q_{renc} \dots\dots\dots(2-51)$

Cara pemberian air:

- Periode I

A, B, C diairi, D tidak diairi

Lamanya pemberian air:

$$\frac{A+B+C}{A+B+C+D} 24 \text{ jam} \dots\dots\dots (2-52)$$

- Periode II

B, C, D diairi, A tidak diairi

Lamanya pemberian air:

$$\frac{B+C+D}{A+B+C+D} 24 \text{ jam} \dots\dots\dots (2-53)$$

- Periode III

C, D, A diairi, B tidak diairi

Lamanya pemberian air:

$$\frac{C+D+A}{A+B+C+D} 24 \text{ jam} \dots\dots\dots (2-54)$$

- Periode IV

D, A, B diairi, C tidak diairi

Lamanya pemberian air:

$$\frac{D+A+B}{A+B+C+D} 24 \text{ jam} \dots\dots\dots (2-55)$$

c. Tahap III

$$\text{Debit yang ada } Q_s = (25-50)\% Q_{renc} \dots\dots\dots (2-56)$$

Cara pemberian air:

- Periode I

A, C diairi, sedangkan B, D tidak diairi

Lamanya pemberian air:

$$\frac{A+C}{A+B+C+D} 120 \text{ jam} \dots\dots\dots (2-57)$$

- Periode II

B, D diairi, sedangkan A, C tidak diairi

Lamanya pemberian air:

$$\frac{B+D}{A+B+C+D} 120 \text{ jam} \dots\dots\dots (2-58)$$

2. Petak tersier terdiri dari 3 petak sub tersier yang diusahakan mempunyai luas sama, pemberian air dibedakan 2 kondisi, yaitu:

a. Tahap I

$$\text{Debit yang ada } Q_s = 65\% Q_{renc} \dots\dots\dots (2-59)$$

Pembagian air dilakukan secara kontinu untuk masing-masing sub tersier.

b. Tahap II

Debit yang ada  $Q_s = (30-65)\% Q_{renc}$  .....(2-60)

Cara pemberian air:

- Periode I

A tidak diairi, sedangkan B, C diairi

Lamanya pemberian air:

$$\frac{B+C}{A+B+C} \frac{240}{3} \text{ jam} \dots\dots\dots(2-61)$$

- Periode II

B tidak diairi, sedangkan A, C diairi

Lamanya pemberian air:

$$\frac{A+C}{A+B+C} \frac{240}{3} \text{ jam} \dots\dots\dots(2-62)$$

- Periode III

C tidak diairi, sedangkan A, B diairi

Lamanya pemberian air:

$$\frac{A+B}{A+B+C} \frac{240}{3} \text{ jam} \dots\dots\dots(2-63)$$

3. Petak tersier terdiri dari 2 petak sub tersier yang diusahakan mempunyai luas sama, pemberian air dibedakan 2 kondisi, yaitu:

- a. Tahap I

Debit yang ada  $Q_s = 50\% Q_{renc}$

Pembagian air dilakukan secara kontinu untuk masing-masing sub tersier.

- b. Tahap II

Debit yang ada  $Q_s < 50\% Q_{renc}$

Cara pemberian air diberikan untuk periode jangka waktu dan hari seperti berikut ini:

- Periode I

B tidak diairi, sedangkan A diairi

Lamanya pemberian air:

$$\frac{A}{A+B} 120 \text{ jam} \dots\dots\dots(2-64)$$

- Periode II

A tidak diairi, sedangkan B diairi

Lamanya pemberian air:

$$\frac{B}{A+B} 120 \text{ jam} \dots\dots\dots(2-65)$$

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Umum

Dalam melakukan analisis membutuhkan data-data yang akurat. Data-data tersebut dibagi menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder. Definisi data primer adalah data yang diperoleh langsung dari subjek penelitian dengan mengenakan alat pengukuran atau alat pengambilan data langsung pada subjek sebagai sumber informasi yang dicari. Sedangkan definisi data sekunder adalah data yang diperoleh lewat pihak lain, tidak langsung diperoleh oleh peneliti dari subjek penelitiannya yang dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya.

Dalam studi ini data yang digunakan merupakan data sekunder. Data sekunder didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan, Dinas Pertanian Kabupaten Pasuruan, dan instansi terkait lain yakni, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

### 3.2. Deskripsi Daerah Studi

Daerah Pengaliran Kali (DPK) Tanggul merupakan daerah irigasi dengan luas total yang dilayani 728 ha. Daerah irigasi ini terdiri dari dua sistem jaringan irigasi, diantaranya sistem jaringan irigasi teknis seluas 691 ha meliputi wilayah Jaringan Irigasi Tanggul, Sumber Sidowayah, dan Sumber Mindi. Adapun sistem jaringan irigasi semi teknis seluas 36 ha tepatnya berada pada daerah Sumber Gunungsari. Jaringan Irigasi Tanggul terdapat dua saluran sekunder yaitu, Saluran Sekunder Kenep dengan daerah layanan 328 ha dan Saluran Sekunder Gunungsari yang memiliki daerah layanan 179 ha. Daerah Irigasi Tanggul asal mulanya melayani 672 ha dengan adanya program ekstensifikasi peningkatan hasil produksi pertanian luas total yang dilayani menjadi 728 ha. Daerah Irigasi Tanggul memiliki luas layanan daerah irigasi kurang dari 1000 ha yang merupakan wewenang dari pengelolaan irigasi Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten/Kota.

Bangunan pengambilannya berupa bendung tetap, yaitu Bendung Tanggul yang memiliki 1 (satu) *intake* di sebelah kiri. Sumber air yang digunakan untuk melayani daerah irigasi ini berasal dari Kali Tanggul. Kali Tanggul hanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi. Untuk mendistribusikan air dibangun beberapa bangunan pembawa,



### 3.3.1. Keadaan Geografi

Sebelah utara : Daerah Irigasi Orokuwali  
Sebelah selatan : Daerah Irigasi Wringinanom  
Sebelah timur : Daerah Irigasi Bekacak  
Sebelah barat : Daerah Irigasi Pateguhan

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan, 2017



*Gambar 3.2* Lokasi studi  
Sumber: Hasil Analisis, 2017

### 3.3.2. Keadaan Geologis

Daratan Kabupaten Pasuruan terbagi menjadi 3 bagian, meliputi:

1. Daerah pegunungan dan berbukit, dengan ketinggian antara 180 m sampai dengan 3000 m. Daerah ini membentang dibagian selatan dan barat meliputi kecamatan Lumbang, kecamatan Puspo, kecamatan Tosari, kecamatan Tukur, kecamatan Purwodadi, kecamatan Prigen dan kecamatan Gempol.
2. Daerah dataran rendah dengan ketinggian antara 6 m sampai 91 m, dataran rendah ini berada dibagian tengah, merupakan daerah yang subur.
3. Daerah pantai, daerah Bangil termasuk dalam daerah Pantai, dengan ketinggian antara 2 m sampai 8 m diatas permukaan laut. Daerah ini membentang dibagian utara, selain kecamatan Bangil, daerah lain yang membentang dibagian utara meliputi kecamatan Nguling, kecamatan Rejoso, dan kecamatan Kraton.

Sedangkan struktur tanah di kabupaten Pasuruan sebagian besar terdiri dari jenis aluvial, mediterian, regosol, labosal dan litasol. grumasol dan andosal.

### 3.3.3. Keadaan Topografi

Kabupaten Pasuruan secara umum merupakan wilayah yang memiliki daerah dengan ketinggian tempat bervariasi dengan ketinggian mulai dari 0 hingga lebih dari 1.000 m dari permukaan laut. Sedangkan untuk kondisi ketinggian dapat digambarkan menjadi empat macam, yaitu:

- a. Wilayah pesisir dengan ketinggian 0 - 12,5 mdpl seluas 18.819,04 ha atau 12,77%. Wilayah ini sesuai untuk pengembangan usaha perikanan dan pertambakan dengan lokasi penyebaran pada sebagian wilayah kecamatan Gempol, Beji, Bangil, Rembang, Kraton, Pohjentrek, Gondangwetan, Rejoso, Winongan, Grati, Lekok dan Nguling.
- b. Wilayah dataran dengan ketinggian 12,5 – 500 mdpl seluas 50.384,02 ha atau 34%. Wilayah ini sesuai untuk pengembangan pertanian, permukiman, perindustrian dengan lokasi berada pada sebagian wilayah kecamatan – kecamatan di kabupaten Pasuruan kecuali kecamatan Tosari.
- c. Wilayah perbukitan dengan ketinggian 500 – 1000 mdpl seluas 21.877,17 ha atau 14,84% dari luas wilayah. Peruntukannya sesuai untuk tanaman keras/tahunan dan sebagai penyangga bagi kawasan perlindungan tanah dan air serta untuk lahan pertanian tanaman pangan dengan sistem teras siring, meliputi sebagian kawasan kecamatan Lumbang, Gempol, Purwodadi, Tutur, Tosari, Pasrepan, Puspo, Purwosari, dan Prigen.
- d. Wilayah pegunungan dengan ketinggian 1.000-2.000 mdpl seluas 18.615,08 ha atau 12,63% dari luas wilayah berfungsi sebagai kawasan penyangga untuk perlindungan tanah dan air, meliputi sebagian kawasan kecamatan Purwodadi, Tutur, Tosari, Lumbang, Puspo, Purwosari dan Prigen.
- e. Wilayah dengan ketinggian > 2000 mdpl seluas 7.920,77 ha atau sekitar 5,37% dari luas wilayah, dengan peruntukan sebagai hutan lindung yang berfungsi untuk melindungi kawasan bawahannya, tersebar pada sebagian wilayah kecamatan Purwodadi, Tutur, Tosari, Lumbang, Puspo, Purwosari, dan Prigen.

Kemiringan lahan di wilayah kabupaten Pasuruan beragam mulai dari kelerengan 0 sampai diatas 45%. Secara morfologi bentang alam dapat didiskripsikan bahwa daerah yang memiliki kelerengan relatif datar atau sedikit bergelombang (0-8%) adalah seluas 85.257,6 Ha atau sekitar 57,8 %, berombak (8-15%) seluas 31.057,43 Ha atau sekitar 21,4 %, berbukit (15-25%) seluas 22.057,43 Ha atau sekitar 15 %, curam (25 - 45%) seluas 6865,08 Ha atau sekitar 4,7 %, dan sangat curam (> 45%) seluas 1747,58 Ha atau sekitar 1,2 %, dengan sebaran sebagai berikut:

1. Kelerengan 0 – 2%, mencakup seluruh kecamatan Bangil, Rembang, Kraton, Pohjentrek, Gindangwetan, Rejoso dan Lekok, sebagian kecamatan Pasrepan, Kejayan, Wonorejo, Winongan, Grati, dan Nguling.
2. Kelerengan 2 – 5%, mencakup sebagian wilayah kecamatan Purwodadi, Tosari, Lumbang, Pasrepan, Kejayan, Wonorejo, Purwosari, Prigen, Sukorejo, Pandaan, Gempol, Beji, Winongan, Grati dan Nguling.
3. Kelerengan 5 – 8%, mencakup sebagian

wilayah kecamatan Purwodadi, Tutur, Puspo, Tosari, Lumbang, Pasrepan, Kejayan, Purwosari, Prigen, Sukorejo, Pandaan, Gempol, Beji, Winongan, dan Lekok.

3. Kelerengan 8-15%, mencakup sebagian wilayah kecamatan Purwodadi, Tutur, Puspo, Tosari, Lumbang, Pasrepan, Kejayan, Purwosari, Prigen, Pandaan, Gempol, Winongan, dan Grati
4. Kelerengan 15 – 25%, mencakup sebagian wilayah kecamatan Purwodadi, Tutur, Puspo, Tosari, Lumbang, Pasrepan, Purwosari, Prigen, Gempol, dan Beji.
5. Kelerengan 25 – 45%, mencakup sebagian wilayah kecamatan Purwodadi, Tutur, Puspo, Tosari, Lumbang, Purwosari, Prigen, dan Gempol. 7. Kelerengan > 45%, mencakup sebagian wilayah kecamatan Tutur, Puspo Tosari, Lumbang, dan Prigen.

#### **3.3.4. Keadaan Iklim dan Curah Hujan**

Keadaan iklim di kabupaten Pasuruan adalah pada umumnya beriklim tropis basah yang sangat dipengaruhi oleh tiupan angin muson. Angin muson ini mempengaruhi pola iklim dan mengakibatkan terjadinya musim hujan (angin muson timur) dan musim kemarau (angin muson barat). Musim hujan biasanya terjadi mulai bulan Oktober sampai dengan bulan Maret, sedang musim kemarau biasanya mulai bulan April sampai dengan bulan September. Temperatur sebagian besar wilayah Bangil antara  $24^{\circ} - 32^{\circ} \text{C}$ . Curah hujan untuk wilayah kabupaten Pasuruan tergolong type D yang berarti keadaan daerah secara umum tergolong daerah kering meskipun didaerah pegunungan curah hujan cukup. Variasi curah hujan rata – rata dibawah 1500-2500 mm. Angin barat dan timur kecepatan rata – rata 12 – 30 knot. Berdasarkan intensitas curah hujan Kabupaten Pasuruan dan sekitarnya, maka intensitas curah hujan dapat dikelompokkan menjadi empat zona curah sebagai berikut:

1. Zona curah hujan antara 2.000 – 2.500 mm/tahun, zona hujan ini dijumpai di daerah sekitar kecamatan Pasrepan, serta daerah sekitar Kolusari dan selatan Purwosari.
2. Zona curah hujan antara 1.750 – 2.000 mm/tahun, zona hujan ini tersebar di bagian barat, yaitu daerah sekitar kecamatan Purwosari dan Beji.
3. Zona curah hujan antara 1.500 – 1.750 mm/tahun, zona hujan ini tersebar di daerah bergelombang hingga perbukitan, antara lain disekitar kecamatan Bangil, Rembang, Wonorejo, Kejayan, dan Lumbang.
4. Zona curah hujan antara 1.500 mm/tahun, zona hujan ini tersebar di daerah dataran sepanjang pantai sekitar Kraton, Lekok, Grati, dan Nguling.



### 3.3.5. Keadaan Hidrologi

Sebagai bagian dari siklus hidrologi di kabupaten Pasuruan terdapat sejumlah mata air, danau dan sungai. Pola aliran permukaan dapat dilihat dari pola aliran sungai yang ada di kabupaten Pasuruan yang terdiri dari 8 (delapan) sungai atau memiliki 8 (delapan) Daerah Pengaliran Sungai (DPS), yaitu DPS Kambeng tepat di perbatasan barat kabupaten Pasuruan, DPS Kedung Larangan, DPS Raci, DPS Welang, DPS Gembong, DPS Petung, DPS Rejoso, dan DPS Lawean yang berada di perbatasan timur kabupaten Pasuruan. Sungai-sungai utama dari masing-masing daerah pengaliran sungai tersebut mengalir dari hulunya di daerah dataran tinggi di sebelah selatan, menerima aliran dari anak-anak sungainya di daerah tengahnya, dan bermuara di Selat Madura yang merupakan batas utara kabupaten Pasuruan, kecuali DPS Kambeng yang bermuara di DPS Porong.

Sungai-sungai utama tersebut merupakan sungai perenial yaitu sungai yang selalu mempunyai aliran sepanjang tahun, namun perbedaan antara debit terbesar di musim hujan dan debit terkecil di musim kemarau sangat besar. Akan tetapi pada saat musim hujan debit aliran sungai-sungai tersebut sangat besar sehingga elevasi permukaan air di sungai sangat tinggi dan ada yang melampaui elevasi tanggulnya serta meluap ke daerah sekitarnya, selanjutnya menimbulkan masalah banjir terutama di daerah hilirnya. Kondisi ini juga dapat dilihat saat musim hujan dimana hampir seluruh daerah hilir dari sungai-sungai tersebut selalu tergenang air.

Potensi hidrologi di daerah seluruh kabupaten Pasuruan memberikan peluang yang besar bagi pembangunan baik untuk keperluan air minum, irigasi, pariwisata, dan industri. Di wilayah Kabupaten Pasuruan mengalir enam sungai yang besar yang bermuara di Selat Madura, yaitu:

1. Sungai Lawean : bermuara di desa Penunggul kecamatan Nguling.
2. Sungai Rejoso : bermuara di wilayah kecamatan Rejoso.
3. Sungai Gembong : bermuara di wilayah kota Pasuruan.
4. Sungai Welang : bermuara di desa kecamatan Kraton.
5. Sungai Masangan : bermuara di desa Raci, kecamatan Bangil.
6. Sungai Kedunglarangan : bermuara di desa Kalianyar kecamatan Bangil.

Demikian pula Daerah Irigasi Tanggul yang diairi dari kali Tanggul yang merupakan sungai perenial yang selalu mempunyai aliran sepanjang tahun, yang memiliki perbedaan antara debit terbesar di musim hujan dan debit terkecil di musim kemarau sangat besar. Pada musim hujan debit kali Tanggul sangat besar dikarenakan pengaruh debit yang datang



dari hulu diantaranya dari DPS Kedondong, kemudian DPS Jethe, dan DPS Wringin Anom (Pandaan).

### 3.3.6. Keadaan Ekonomi dan Sosial Daerah

Dalam wilayah kabupaten Pasuruan melintas 6 (enam) sungai besar yang bermuara di Selat Madura, yaitu sungai Lawean, sungai Rejoso, sungai Gembong, sungai Welang, sungai Masangan dan sungai Kedunglarangan. Dengan demikian tingkat pemenuhan kebutuhan air untuk pertanian cukup memadai. Selain itu terdapat juga danau dan sejumlah mata air. Danau Ranu Grati di kecamatan Grati memiliki volume efektif 5.013 m dan volume maximum sebesar 5.217 m dengan debit maximum 980 l/det dan debit minimum 463 l/det. Sedangkan sumber mata air sebanyak 471 tersebar di seluruh kecamatan, dengan sumber mata air terbesar adalah Umbulan di kecamatan Winongan. Pemanfaatan mata air Umbulan tidak hanya mencukupi kebutuhan penduduk kabupaten Pasuruan, tetapi juga wilayah lain di provinsi Jawa Timur, antara lain kota Pasuruan, kabupaten Sidoarjo, dan kota Surabaya. Selain itu juga terdapat mata air Banyu Biru di kecamatan Winongan. Pada lereng perbukitan banyak ditemui sumur-sumur bor tertekan (artesis) atau tak tertekan.

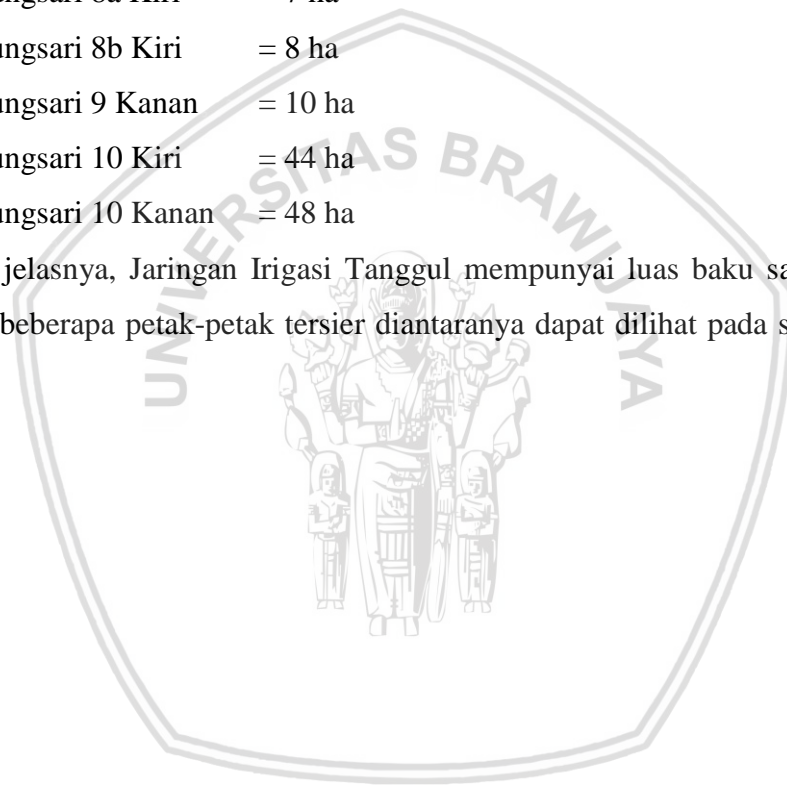
### 3.4. Kondisi Daerah Irigasi Tanggul

Daerah Pengaliran Kali (DPK) Tanggul mempunyai luas baku sawah 728 ha yang terdiri atas beberapa petak tersier, yaitu:

1. Petak Tersier Sbr. Gunungsari = 40 ha
2. Petak Tersier Sbr. Sidowayah = 32 ha
3. Petak Tersier Sbr. Mindi = 11 ha
4. Tersier Tanggul 1 Kanan = 104 ha
5. Tersier Tanggul 2 Kanan = 34 ha
6. Tersier Kenep 1 Kanan = 22 ha
7. Tersier Kenep 2 Kiri = 7 ha
8. Tersier Kenep 2 Kanan = 13 ha
9. Tersier Kenep 3 Kiri = 8 ha
10. Tersier Kenep 3 Kanan = 28 ha
11. Tersier Kenep 4 Kiri = 67 ha
12. Tersier Kenep 4 Kanan = 16 ha
13. Tersier Kenep 5 Kiri = 60 ha
14. Tersier Kenep 6 Kiri = 60 ha

15. Tersier Kenep 6 Kanan	= 47 ha
16. Tersier Gunungsari 1 Kanan	= 4 ha
17. Tersier Gunungsari 2 Kanan	= 15 ha
18. Tersier Gunungsari 3 Kanan	= 2 ha
19. Tersier Gunungsari 4 Kanan	= 1 ha
20. Tersier Gunungsari 5 Kanan	= 11 ha
21. Tersier Gunungsari 6 Kanan	= 2 ha
22. Tersier Gunungsari 7 Kiri	= 19 ha
23. Tersier Gunungsari 7 Kanan	= 8 ha
24. Tersier Gunungsari 8a Kiri	= 7 ha
25. Tersier Gunungsari 8b Kiri	= 8 ha
26. Tersier Gunungsari 9 Kanan	= 10 ha
27. Tersier Gunungsari 10 Kiri	= 44 ha
28. Tersier Gunungsari 10 Kanan	= 48 ha

Untuk lebih jelasnya, Jaringan Irigasi Tanggul mempunyai luas baku sawah 728 ha yang terdiri dari beberapa petak-petak tersier diantaranya dapat dilihat pada skema irigasi pada Tabel 3.1.



Tabel 3.1

Data Petak Tersier Daerah Irigasi Tanggul dengan Luas Baku Sawah (Ha)

Petak Tersier	Simbol	Luas	Nama Desa	
T. Sbr. Gunungsari	X1	40 ha	Sbr. Gunungsari (40 ha)	
T. Sbr. Sidowayah	X2	32 ha	Sbr. Sidowayah (32 ha)	
T. Sbr. Mindi	X3	11 ha	Sbr. Mindi (11 ha)	
T. Ta 1 Kanan	X4	104 ha	Baujeng (104 ha)	
T. Ta 2 Kanan	X5	34 ha	Baujeng (17 ha)	Gunungsari (17 ha)
T. Ke. 1 Ka	X6	22 ha	Baujeng (14 ha)	Ngembe (8 ha)
T. Ke. 2 Ki	X7	7 ha	Baujeng (2 ha)	Kenep (5 ha)
T. Ke. 2 Ka	X8	13 ha	Baujeng (11 ha)	Kenep (2 ha)
T. Ke. 3 Ki	X9	8 ha	Kenep (8 ha)	
T. Ke. 3 Ka	X10	28 ha	Desa Kenep (28 ha)	
T. Ke. 4 Ki	X11	67 ha	Kenep (45 ha), Gunungsari (18 ha), Gajahbendo (4 ha)	
T. Ke. 4 Ka	X12	16 ha	Kenep (16 ha)	
T. Ke. 5 Ki	X13	60 ha	Kenep (28 ha)	Sidowayah (32 ha)
T. Ke. 6 Ki	X14	60 ha	Sidowayah (60 ha)	
T. Ke. 6 Ka	X15	47 ha	Sidowayah (2 ha)	Kolursari (45 ha)
T. Gu. 1 Ka	X16	4 ha	Gunungsari (4 ha)	
T. Gu. 2 Ka	X17	15 ha	Baujeng (15 ha)	
T. Gu. 3 Ka	X18	2 ha	Baujeng (2 ha)	
T. Gu. 4 Ka	X19	1 ha	Baujeng (1 ha)	
T. Gu. 5 Ka	X20	11 ha	Baujeng (11 ha)	
T. Gu. 6 Ka	X21	2 ha	Baujeng (2 ha)	
T. Gu. 7 Ki	X22	19 ha	Gunungsari (19 ha)	
T. Gu. 7 Ka	X23	8 ha	Gunungsari (8 ha)	
T. Gu. 8a Ki	X24	7 ha	Gunungsari (7 ha)	
T. Gu. 8b Ki	X25	8 ha	Gunungsari (8 ha)	
T. Gu. 9 Ka	X26	10 ha	Gunungsari (10 ha)	
T. Gu. 10 Ki	X27	44 ha	Gunungsari (24 ha)	Desa Beji (20 ha)
T. Gu. 10 Ka	X28	48 ha	Gunungsari (12 ha)	Beji (36 ha)

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan, 2017

Dimana luas baku sawah terkecil yang diairi pada jaringan irigasi Tanggul yaitu sebesar 1 Ha. Sedangkan luas baku sawah terbesar yang terairi oleh jaringan irigasi tanggul adalah 328 ha. Adapaun daerah yang diairi meliputi, Baujeng, Gunungsari, Kenep, Gajahbendo, Sidowayah, dan Beji.

Setelah melakukan peninjauan lokasi, kondisi Daerah Irigasi Tanggul dengan debit ketersediaan air yang mengalami defisit pada musim-musim tertentu (awal musim tanam). Debit yang tersedia dan dibutuhkan Daerah Irigasi Tanggul mempengaruhi keberhasilan pertumbuhan dan produktivitas tanaman, sehingga pembudidayaan tanaman perlu disesuaikan terhadap pergeseran musim hujan dan kemarau. Oleh karena itu diperlukan

perhitungan yang tepat untuk didapatkan rencana tata tanam yang ideal pada daerah irigasi yang diairi sehingga memberikan keuntungan produktivitas yang maksimal.

### 3.5. Data Teknis yang Diperlukan

Data dalam kajian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan, UPT PSAWS Gembong Pekalen, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, maupun instansi terkait lain, diantaranya sebagai berikut:

#### 1. Data curah hujan

Data curah hujan yang diperlukan adalah data curah hujan harian selama 26 tahun terakhir (1990-2016) yang diambil dari stasiun penakar hujan terdekat yang berpengaruh terhadap lokasi studi. Stasiun hujan yang dipakai yaitu stasiun hujan Tanggul, stasiun hujan Bekacak, stasiun hujan Bangil, stasiun hujan Randupitu, dan stasiun hujan Winong. Data tersebut digunakan untuk mendapatkan *trend* curah hujan, curah hujan andalan, curah hujan efektif pada tanaman padi, palawija, dan tebu. Data ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan.

#### 2. Data debit

Data debit yang diperlukan adalah data debit bulanan periode 10 harian di Kali Tanggul selama 10 tahun terakhir (2007-2016). Data tersebut digunakan untuk menghitung debit andalan dan volume air yang tersedia di Daerah Irigasi Tanggul. Data ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan.

#### 3. Data klimatologi

Data klimatologi yang digunakan adalah data klimatologi bulanan selama 10 tahun terakhir (2007-2016). Data yang dipakai yaitu, data suhu, data kelembapan udara, data kecepatan angin, dan data kecerahan matahari. Data tersebut digunakan untuk menghitung evapotranspirasi potensial. Data ini diperoleh dari stasiun meteorologi terdekat yang datanya bisa digunakan yaitu stasiun meteorologi Karang Ploso.

#### 4. Data Tanaman

Data ini memberikan gambaran luas baku sawah, jenis tanaman, dan pola tata tanam eksisting. Data ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan.

#### 5. Data Rencana Tata Tanam Global (RTTG)

Data Rencana Tata Tanam Global (RTTG) yang digunakan adalah data RTTG tahun 2015/2016 dan 2016/2017. RTTG akan memberikan gambaran yang jelas terkait luas

area lokasi studi, pola tata tanam, jenis tanaman, jadwal tanam selama satu tahun, dan mempertimbangkan ketersediaan air. Data ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan.

#### 6. Data Jenis Tanah

Data jenis tanah digunakan untuk menentukan nilai perkolasi. Berdasarkan data yang didapat dari peta jenis tanah dan hasil survey lapangan 2017, jenis tanah untuk Daerah Irigasi Tanggul mempunyai tekstur lempung berpasir. Maka nilai perkolasi ditentukan sebesar 3 mm/hari.

#### 7. Skema Jaringan Irigasi

Skema jaringan irigasi ini digunakan untuk mengetahui lokasi dari objek irigasi dan luas daerah layanan irigasi. Skema ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan.

#### 8. Data Analisis Usaha Tani

Data ekonomi berupa hasil produksi pertanian. Data ini digunakan dalam analisis optimasi dengan menggunakan Program Linier. Data ini didapat dari Dinas Pertanian Kabupaten Pasuruan. Data tersebut sebagai berikut:

- Harga Produk (Rp/Kg)
- Produktivitas (Kg/Ha)
- Hasil Produksi (Rp/Ha)
- Biaya produksi (Rp/Ha)
- Keuntungan Bersih (Rp/Ha)

#### 9. Peta-peta pendukung

Peta-peta pendukung yang diperlukan dalam studi ini antara lain:

- a. Peta lokasi stasiun hujan
- b. Peta jenis tanah
- c. Peta lokasi UPTD Sumber Daya Air Bangil

Peta-peta tersebut diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan dan Badan Perencanaan Pembangunan Daerah.

### 3.6. Pendekatan Penyelesaian Masalah

Studi ini membahas tentang optimasi pemanfaatan air irigasi pada Daerah Irigasi Tanggul Kabupaten Pasuruan menggunakan program linier. Perubahan jumlah dan pola curah hujan yang mempengaruhi fluktuasi debit air irigasi yang tersedia. Debit kebutuhan air akan disesuaikan dengan debit ketersediaan air yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk



mengoptimalkan pemanfaatan air yang tersedia di Daerah Irigasi Tanggul berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan kemudian disusun rekomendasi alternatif pola tata tanam yang tepat. Rekomendasi alternatif pola tata tanam akan dilakukan optimasi luas tanam optimum menggunakan program linier yang dapat meningkatkan intensitas tanam dan menghasilkan keuntungan maksimal. Setelah dilakukan optimalisasi, direncanakan sistem pemberian air di lokasi tersebut apakah sistem pemberian air terus menerus, golongan, ataupun rotasi.

### 3.7. Langkah-langkah Pengolahan Data

Untuk mempermudah langkah-langkah perhitungan dalam penelitian, maka diperlukan langkah-langkah pengolahan data sebagai berikut:

#### 1. Pengolahan data curah hujan

##### a. Uji konsistensi data

Data curah hujan dari lima stasiun tersebut dianalisis keakuratan dan hubungan antar stasiun hujan melalui uji konsistensi dengan metode uji kurva massa ganda. Untuk mengetahui derajat hubungan (derajat keterkaitan) dapat digunakan analisis korelasi. Analisis korelasi dapat digunakan untuk menjelaskan hubungan antar variabel tersebut.

##### b. Uji data hujan runtut waktu

Data curah hujan dari lima stasiun yang akan dipakai diuji terlebih dahulu karakteristiknya menggunakan statistika agar teruji kualitasnya sebelum digunakan dalam analisis selanjutnya.

##### c. Perhitungan curah hujan wilayah dari data sekunder dengan menggunakan metode aritmatika didapatkan curah hujan rerata 10 harian dari lima stasiun penakar curah hujan terdekat. Stasiun hujan yang dipakai yaitu stasiun hujan Tanggul, stasiun hujan Bekacak, stasiun hujan Bangil, stasiun hujan Randupitu, dan stasiun hujan Winong.

##### d. Menganalisis perubahan jumlah dan pola curah hujan di musim hujan dan musim kemarau sehingga dapat menentukan awal dan rentang musim tersebut yang berkaitan bulan basah dan bulan kering menggunakan metode *Oldeman* yang menguntungkan bagi pertanian dalam menentukan pola tata tanam yang ideal.

##### e. Perhitungan curah hujan andalan dengan menggunakan metode *Harza Engineering Crop International*.

##### f. Perhitungan curah hujan efektif, setelah melakukan perhitungan curah hujan andalan maka hasilnya digunakan untuk menghitung besar curah hujan efektif.

## 2. Pengolahan data debit

### a. Uji data debit runtut waktu

Data debit sungai pos Tanggul yang akan dipakai diuji terlebih dahulu karakteristiknya menggunakan statistika agar teruji kualitasnya sebelum digunakan dalam analisis selanjutnya.

### b. Data debit sungai digunakan untuk mengetahui debit tersedia dengan peluang kejadian sebesar 80% dan 50% yang dipenuhi atau dilampaui dari debit rata-rata sumber air pada pencatatan debit tiap 10 harian. Digunakan metode *basic year* yaitu mengambil satu pola debit dari tahun keandalan tertentu dalam perencanaan dan pengelolaan air irigasi yang peluang kejadiannya dihitung dengan menggunakan rumus Weibull.

## 3. Pengolahan data klimatologi

### a. Data klimatologi diperlukan untuk menghitung nilai evapotranspirasi potensial dengan Metode Penman Modifikasi.

### b. Pengolahan data klimatologi sehubungan dengan penyiapan lahan digunakan metode *Van de Goor dan Zijlstra*.

## 4. Menghitung besarnya kebutuhan air tanaman

## 5. Perhitungan kebutuhan air di sawah

## 6. Perhitungan kebutuhan air di *intake*

Penentuan kebutuhan air di *intake* didapat dari perencanaan pola tata tanam. Dalam studi ini, akan direncanakan tujuh alternatif pola tata tanam baru sebagai opsi dari pola tata tanam yang sudah ada (eksisting).

## 10. Perumusan model optimasi dengan program linier menggunakan fasilitas *solver* pada *microsoft excel*.

## 11. Perhitungan neraca air untuk menentukan debit yang tersedia dapat mencukupi debit yang dibutuhkan sebelum dan setelah dioptimasi.

## 12. Perhitungan intensitas tanam sebelum dan setelah dioptimasi.

## 13. Analisis sistem pemberian air pada musim kemarau dan musim penghujan.

### 3.8. Skenario Optimasi

Optimasi pemanfaatan air pada Daerah Irigasi Tanggul kabupaten Pasuruan dilakukan dengan menggunakan program linier. Hal ini dikarenakan variabel-variabel yang ada dalam sistem irigasi bersifat linier.

### 1. Variabel keputusan

Variabel yang akan dicari dan memberi nilai yang paling baik bagi tujuan yang hendak dicapai. Variabel putusan yang diambil misalnya pola penentuan luas lahan tiap jenis tanaman di Daerah Irigasi Tanggul.

### 2. Fungsi tujuan

Dalam studi ini fungsi tujuan memaksimalkan hasil produksi pada setiap musim tanam dan mengatasi neraca air yang tidak seimbang. Keuntungan untuk setiap musim tanam diperoleh dengan mengurangi nilai penjualan hasil produksi pertanian/ha dengan biaya produksi/ha untuk setiap tanaman per musim. Neraca air yang tidak seimbang dapat diatasi dengan merencanakan pola tata tanam yang tepat sesuai dengan ketersediaan air di Daerah Irigasi Tanggul.

### 3. Variabel kendala

Dalam studi ini fungsi kendala volume ketersediaan air irigasi, kebutuhan air irigasi, dan luas lahan pertanian. Analisis optimasi dilakukan dengan dua kondisi debit air yang tersedia yang merupakan fungsi kendala, antara lain:

- a. Debit andalan 80% yang dianggap mewakili debit air rendah.
- b. Debit andalan 50% yang dianggap mewakili debit air normal.

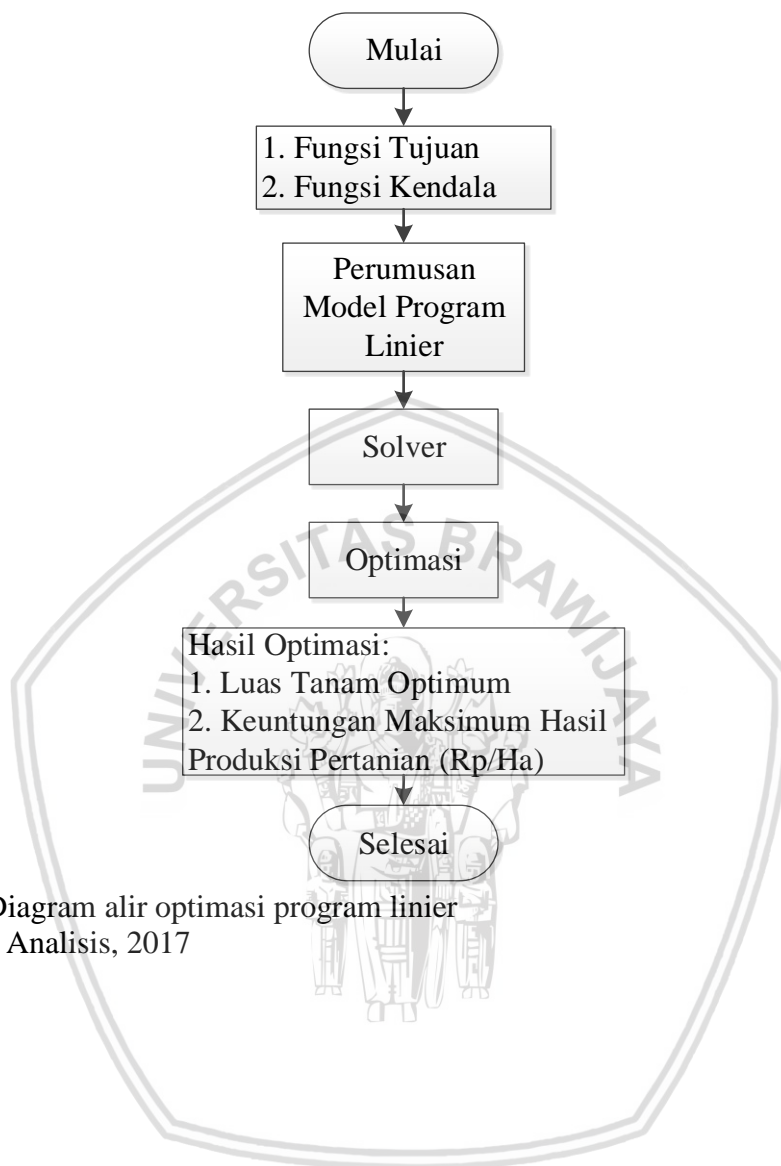
Untuk masing-masing kondisi debit dengan fungsi kendala kebutuhan air dilakukan analisis optimasi eksisting (sebelum pergeseran musim) dengan masing-masing alternatif pola tata tanam (setelah pergeseran musim) yang disesuaikan dengan debit andalan 80% dan 50% sebagai berikut:

- a. Pola tata tanam eksisting
- b. Pola tata tanam alternatif I (pergeseran jadwal tanam)
- c. Pola tata tanam alternatif II (pergeseran jadwal tanam)
- d. Pola tata tanam alternatif III (perubahan jenis tanaman)
- e. Pola tata tanam alternatif IV (perubahan jenis tanaman)
- f. Pola tata tanam alternatif V (perubahan jenis tanaman)
- g. Pola tata tanam alternatif VI (perubahan jenis tanaman)
- h. Pola tata tanam alternatif VII (perubahan jenis tanaman)

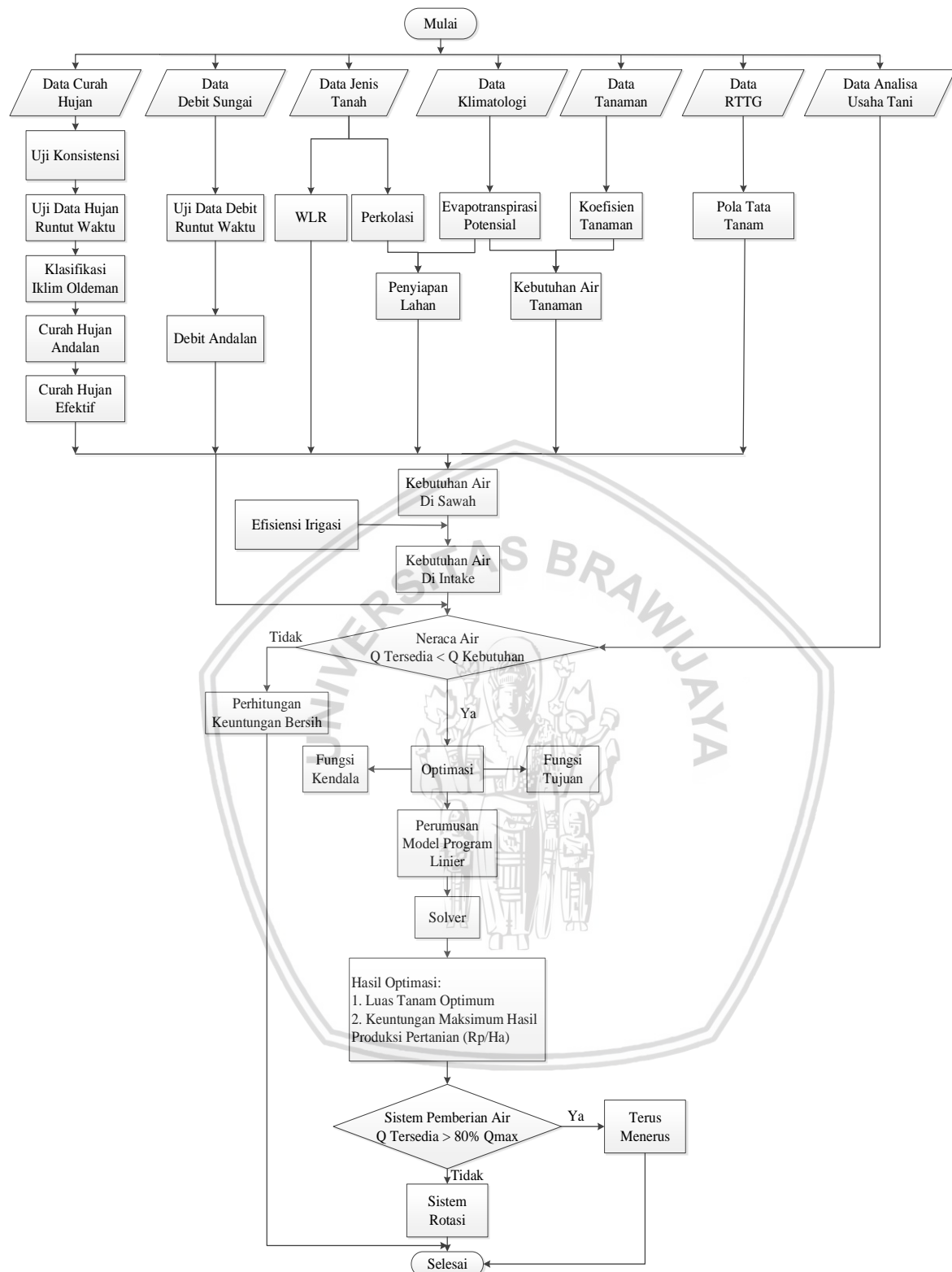
Optimasi yang dilakukan dengan dua kondisi debit air yang tersedia dan masing-masing pola tata tanam akan didapatkan, yaitu luas tanam optimum yang dapat ditanami, intensitas tanam, dan keuntungan maksimal.

### 3.9. Tahapan Penyelesaian Penelitian

Tahapan penyelesaian penelitian ini akan disajikan pada diagram alir dari studi ini sebagai berikut:



Gambar 3.3 Diagram alir optimasi program linier  
Sumber: Hasil Analisis, 2017



Gambar 3.4 Diagram alir penyelesaian penelitian  
Sumber: Hasil Analisis, 2017



Tabel 4.43  
Pola Tata Tanam Kondisi Eksisting

Daerah Irigasi	: Tanggul	Luas Lahan : MT I	MT II	MT III
Luas Baku Sawah	: 728 Ha	Padi	653	Padi
Pola Tanam	: Padi, Palawija (Jagung), Tebu - Padi, Palawija (Kedelai), Tebu - Padi, Palawija (Kacang Tanah), Tebu	Tebu	24	549
			35	124
				35

NO	PARAMETER	SATUAN	NOV			DES			JAN			FEB			MAR			APR			MEI			JUN			JUL			AGT			SEP			OKT				
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III					
1	Pola Tata Tanam Padi		PL			PADI 90 HARI			WLR			PL			PADI 90 HARI			WLR			PL			PADI 90 HARI			WLR													
	Pola Tata Tanam Palawija					JAGUNG 90 HARI			BERO						KEDELAI 100 HARI						KACANG TANAH 120 HARI						BERO													
	Pola Tata Tanam Tebu														TEBU 360 HARI																									
2	Koefisien Tanaman ( <i>Kc</i> ) :					1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00				1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00				1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00		
	Padi	Kc	0,00				1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00			1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00	0,00			1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00		
	Palawija	Kc	0,87	0,00			1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00	0,00		1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00	0,51	0,61	0,72	0,85	0,92	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95				
	Tebu	Kc	0,50	0,53	0,59	0,84	0,99	1,05	1,03	1,00	0,95	0,90		0,50	0,60	0,75	1,00	1,00	1,00	0,88	0,67	0,45	0,20	0,50	0,50	0,51	0,61	0,72	0,85	0,92	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95				
3	Rerata Koefisien Tanaman ( <i>Kc</i> ) :					1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00				1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00				1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00		
	Padi		0,43	0,00	0,00	0,23	0,68	1,16	1,52	1,56	1,57	1,58	1,40	0,87	0,46	0,00	0,00	0,22	0,66	1,11	1,44	1,48	1,49	1,48	1,31	0,82	0,46	0,00	0,00	0,33	1,00	1,69	2,77	2,84	2,86	2,72	2,41	1,50		
	Palawija		0,50	0,52	0,54	0,65	0,81	0,96	1,02	1,03	0,99	0,95	0,93	0,90	0,11	0,35	0,65	0,85	0,99	1,08	1,09	0,97	0,76	0,50	0,44	0,46	0,65	0,69	0,79	1,20	1,37	1,50	2,05	2,08	2,08	1,65	0,99	0,00		
	Tebu		0,58	0,57	0,55	0,63	0,72	0,80	0,83	0,87	0,93	0,97	1,00	1,00	1,02	1,03	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	0,97	0,88	0,80	0,73	0,67
4	Evapotranspirasi Potensial ( <i>E<sub>to</sub></i> )	mm/hari	4,87	4,87	4,87	3,39	3,39	3,39	3,59	3,59	3,59	3,62	3,62	3,62	3,81	3,81	3,81	3,24	3,24	3,24	3,41	3,41	3,41	3,40	3,40	3,40	3,84	3,84	3,84	4,96	4,96	4,96	6,56	6,56	6,56	6,25	6,25	6,25		
5	Penggunaan Air Konsumtif / PAK ( <i>C<sub>u</sub></i> ) :		2,11	0,00	0,00	4,07	4,11	4,17	4,55	4,67	4,70	4,73	4,19	2,62	1,65	0,00	0,00	3,89	3,93	3,99	4,33	4,44	4,47	4,45	3,93	2,46	1,67	0,00	0,00	5,95	6,00	6,10	8,31	8,52	8,59	8,17	7,22	4,51		
	Padi	mm/hari	2,44	2,51	2,63	2,21	2,73	3,25	3,67	3,68	3,56	3,44	3,36	3,27	1,91	2,10	2,35	2,54	2,97	3,24	3,28	2,90	2,28	1,50	1,31	1,37	1,94	2,08	2,36	3,61	4,11	4,49	6,16	6,23	6,23	5,94	5,94	0,00		
	Palawija	mm/hari	2,84	2,76	2,68	2,15	2,43	2,71	2,99	3,11	3,35	3,50	3,62	3,62	3,88	3,94	4,00	3,41	3,41	3,41	3,58	3,58	3,58	3,57	3,57	3,57	4,04	4,04	4,04	5,20	5,20	5,20	6,34	5,79	5,24	4,58	4,17	3,75		
6	Rasio Luas PAK :		0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33		
	Padi		0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06		
	Palawija		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33		
7	PAK dengan Rasio Luas :		0,59	0,00	0,00	0,23	0,68	1,16	1,52	1,56	1,57	1,58	1,40	0,87	0,46	0,00	0,00	0,22	0,66	1,11	1,44	1,48	1,49	1,48	1,31	0,82	0,46	0,00	0,00	0,33	1,00	1,69	2,77	2,84	2,86	2,72	2,41	1,50		
	Padi	mm/hari	0,14	0,42	0,73	0,74	0,91	1,08	1,22	1,23	1,19	0,96	0,56	0,18	0,11	0,35	0,65	0,85	0,99	1,08	1,09	0,97	0,76	0,50	0,44	0,46	0,65	0,69	0,79	1,20	1,37	1,50	2,05	2,08	2,08	1,65	0,99	0,00		
	Palawija	mm/hari	0,95	0,92	0,89	0,72	0,81	0,90	1,00	1,04	1,12	1,17	1,21	1,21	1,29	1,31	1,33	1,14	1,14	1,14	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,35	1,35	1,35	1,73	1,73	1,73	2,11	1,93	1,75	1,53	1,39	1,25		
8	Perkolasi ( <i>P</i> ) :		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		
	Padi	mm/hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	Palawija	mm/hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
9	Rasio Luas Perkolasi :		0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33		
	Padi		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	Palawija		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
10	Perkolasi dengan Rasio Luas :		0,83	0,50	0,17	0,17	0,50	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,50	0,17	0,17	0,50	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,50	0,17	0,17	0,50	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
	Padi	mm/hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	Palawija	mm/hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
11	Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan Padi ( <i>PL</i> )	mm/hari	14,76	14,76	14,76	13,74	13,74	13,74							14,03	14,03	14,03	13,64	13,64	13,64																				

Tabel 4.44  
Pola Tata Tanam Alternatif 1

Daerah Irigasi		: Tanggul		Luas Baku Sawah		: 728 Ha		Luas Tanam		: MT I		MT II		MT III																											
Pola Tanam		: Padi, Palawija (Kedelai), Tebu - Padi, Palawija (Kacang Tanah), Tebu - Padi, Palawija (Jagung), Tebu		Padi		653		Padi		537		Padi		549																											
				24		Palawija		101		124		Tebu		35																											
				35		Tebu		35				Tebu		35																											
NO	PARAMETER	SATUAN	NOV		DES			JAN			FEB			MAR			MEI			APR			JUN			JUL			AGU			SEP			OKT			NOV			
			II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I						
1	Pola Tata Tanam Padi				PL			PADI 90 HARI			WLR						PL			PADI 90 HARI			WLR						PL			PADI 90 HARI			WLR						
	Pola Tata Tanam Palawija							KEDELAI 100 HARI												KACANG TANAH 120 HARI									BERO						JAGUNG 90 HARI						
	Pola Tata Tanam Tebu																						TEBU 360 HARI																		
2	Koefisien Tanaman ( <i>Kc</i> ) :																																								
	Padi	Kc	0,00			1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00				1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00			1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00				
			0,87	0,00				1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00			1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00			1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87				
	Palawija	Kc	0,50	0,60	0,75	1,00	1,00	1,00	0,88	0,67	0,45	0,20	0,50	0,50	0,51	0,61	0,72	0,85	0,92	0,95	0,95	0,95	0,55				0,50	0,53	0,59	0,84	0,99	1,05	1,03	1,00	0,95	0,90					
	Tebu	Kc	0,90	0,50	0,60	0,75	1,00	1,00	1,00	0,88	0,67	0,45	0,20	0,50	0,50	0,51	0,61	0,72	0,85	0,92	0,95	0,95	0,55	0,55			0,50	0,53	0,59	0,84	0,99	1,05	1,03	1,00	0,95	0,90					
3	Rerata Koefisien Tanaman ( <i>Kc</i> ) :																																								
	Padi		0,43	0,00	0,00	1,20	1,21	1,23	1,27	1,30	1,31	1,31	0,00	0,72	0,43	0,00	0,00	1,20	1,21	1,23	1,27	1,30	1,31	1,31	1,16	0,72	0,43	0,00	0,00	1,20	1,21	1,23	1,27	1,30	1,31	1,31	1,16	0,72			
	Palawija		0,70	0,55	0,62	0,78	0,92	1,00	0,96	0,85	0,67	0,44	0,38	0,40	0,50	0,54	0,61	0,73	0,83	0,91	0,94	0,95	0,95	0,82	0,75	0,55	0,00	0,50	0,52	0,54	0,65	0,81	0,96	1,02	1,03	0,99	0,95	0,00			
	Tebu		0,58	0,57	0,55	0,63	0,72	0,80	0,83	0,87	0,93	0,97	1,00	1,00	1,02	1,03	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	0,97	0,88	0,80	0,73	0,67	0,60		
	4	Evapotranspirasi Potensial ( <i>ETo</i> )	mm/hari	4,87	4,87	3,39	3,39	3,59	3,59	3,62	3,62	3,62	3,81	3,81	3,81	3,24	3,24	3,24	3,41	3,41	3,41																				
5	Penggunaan Air Konsumtif / PAK ( <i>Cu</i> ) :																																								
	Padi	mm/hari	1,47	0,00	0,00	4,31	4,35	4,46	4,59	4,71	4,99	4,98	0,00	2,34	1,41	0,00	0,00	4,10	4,13	4,19	4,31	4,42	5,04	5,02	4,44	3,58	2,15	0,00	0,00	7,87	7,94	8,07	7,92	8,12	6,39	6,37	5,63	0,00			
	Palawija	mm/hari	2,38	1,86	2,21	2,81	3,29	3,62	3,48	3,08	2,54	1,68	1,47	1,30	1,64	1,76	2,10	2,48	2,83	3,08	3,20	3,23	3,65	3,14	2,88	2,73	0,00	2,48	3,38	3,54	4,28	5,28	5,99	6,40	5,00	4,84	4,63	0,00			
	Tebu	mm/hari	1,98	1,92	1,97	2,27	2,57	2,90	3,02	3,14	3,56	3,69	3,81	3,24	3,30	3,35	3,58	3,58	3,57	3,57	3,57	4,04	4,04	4,04	5,20	5,20	5,20	6,88	6,88	6,88	6,88	6,88	6,04	5,52	3,90	3,57	3,25	0,00			
6	Rasio Luas PAK :																																								
	Padi		0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			
	Palawija		0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,27778	0,167			
	Tebu		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33				
7	PAK dengan Rasio Luas :																																								
	Padi	mm/hari	0,41	0,00	0,00	0,24	0,73	1,24	1,53	1,57	1,66	1,66	0,00	0,78	0,39	0,00	0,00	0,23	0,69	1,16	1,44	1,47	1,68	1,67	1,48	1,19	0,60	0,00	0,00	0,44	1,32	2,24	2,64	2,71	2,13	2,12	1,88	0,00			
	Palawija	mm/hari	0,13	0,31	0,62	0,94	1,10	1,21	1,16	1,03	0,85	0,56	0,49	0,43	0,55	0,59	0,70	0,83	0,94	1,03	1,07	1,08	1,22	1,05	0,80	0,45	0,00	0,14	0,56	0,98	1,43	1,76	2,00	2,13	1,67	1,61	1,29	0,00			
	Tebu	mm/hari	0,66	0,64	0,66	0,76	0,86	0,97	1,01	1,05	1,19	1,23	1,27	1,08	1,10	1,12	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,35	1,35	1,35	1,73	1,73	1,73	2,29	2,29	2,29	2,29	2,01	1,84	1,30	1,19	1,08	0,00			
8	Perkolasi ( <i>P</i> ) :																																								
	Padi	mm/hari	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00			
	Palawija	mm/hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	Tebu	mm/hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
9	Rasio Luas Perkolasi :																																								
	Padi		0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33		
	Palawija		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	Tebu		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
10	Perkolasi dengan Rasio Luas :																																								
	Padi	mm/hari	0,83	0,50	0,17	0,17	0,50	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,50	0,17	0,17	0,50	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,50	0,17	0,17	0,50	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			
	Palawija	mm/hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	Tebu	mm/hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
11	Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan Padi ( <i>PL</i> )	mm/hari	14,76	14,76	13,74	13,74	13,74	13,88							14,03	14,03	13,64	13,64	13,64	13,76							14,05	14,05	14,81	14,81	14,81	15,96									
12	Rasio Penyiapan Lahan Padi		0,06	0,17	0,28	0,28	0,17	0,06							0,06	0,17	0,28	0,28	0,17	0,06							0,06	0,17	0,28	0,28	0,17	0,06									
13	<i>PL</i>																																								

Tabel 4.45  
Pola Tata Tanam Alternatif 2

Daerah Irigasi Luas Baku Sawah Pola Tanam		: Tanggul : 728 Ha : Padi, Palawija (Jagung), Tebu - Padi, Palawija (Kedelai), Tebu - Padi, Palawija (Kacang Tanah), Tebu		Luas Tanam : MT I												Padi			653			MT II			Padi			537			MT III			Padi			549		
				Tebu												35			Tebu			35			Tebu			35			Tebu			35					
NO	PARAMETER	SATUAN	DES		JAN			FEB			MAR			APR			MEI			JUN			JUL			AGT			SEP			OKT			NOV			DES	
			II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I				
1	Pola Tata Tanam Padi				PL			PADI 90 HARI			WLR			PL			PADI 90 HARI			WLR			PL			PADI 90 HARI			WLR										
	Pola Tata Tanam Palawija						JAGUNG 90 HARI						BERO						KEDELAH 100 HARI									KACANG TANAH 120 HARI											
	Pola Tata Tanam Tebu																TEBU 360 HARI																						
2	Koefisien Tanaman ( <i>K<sub>c</sub></i> ) :																																						
	Padi	Kc	0,00			1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00			1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00			1,20	1,22	1,27	1,31	1,32	1,30	1,30	0,87	0,00			
	Palawija	Kc	0,50	0,53	0,59	0,84	0,99	1,05	1,03	1,00	0,95	0,90		0,50	0,60	0,75	1,00	1,00	1,00	0,88	0,67	0,45	0,20	0,50	0,50	0,51	0,61	0,72	0,85	0,92	0,95	0,95	0,95	0,95					
	Tebu	Kc	0,55	0,55	0,55	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90	1,00	1,00	1,00	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05			
3	Rerata Koefisien Tanaman ( <i>K<sub>c</sub></i> ) :																																						
	Padi		0,43	0,00	0,00	1,20	1,21	1,23	1,27	1,30	1,31	1,31	0,00	0,72	0,43	0,00	0,00	1,20	1,21	1,23	1,27	1,30	1,31	1,31	0,00	0,72	0,43	0,00	0,00	1,20	1,21	1,23	1,27	1,30	1,31	1,31	1,16	0,72	
	Palawija		0,50	0,52	0,54	0,65	0,81	0,96	1,02	1,03	0,99	0,95	0,93	0,90	0,50	0,55	0,62	0,78	0,92	1,00	0,96	0,85	0,67	0,44	0,38	0,40	0,50	0,54	0,61	0,73	0,83	0,91	0,94	0,95	0,95	0,95	0,00		
4	Evapotranspirasi Potensial ( <i>E<sub>to</sub></i> )	mm/hari	3,39	3,39	3,59	3,59	3,59	3,62	3,62	3,62	3,81	3,81	3,81	3,24	3,24	3,24	3,41	3,41	3,41	3,40	3,40	3,40	3,84	3,84	3,84	4,96	4,96	4,96	6,56	6,56	6,56	6,25	6,25	6,25	4,87	4,87	4,87	3,39	
	Penggunaan Air Konsumtif / PAK ( <i>C<sub>u</sub></i> ) :																																						
	Padi	mm/hari	1,47	0,00	0,00	4,31	4,35	4,46	4,59	4,71	4,99	4,98	0,00	2,34	1,41	0,00	0,00	4,10	4,13	4,19	4,31	4,42	5,04	5,02	0,00	3,58	2,15	0,00	0,00	7,87	7,94	7,69	7,92	8,12	6,39	6,37	5,63	2,45	
5	Palawija	mm/hari	1,70	1,75	1,94	2,34	2,89	3,48	3,71	3,72	3,78	3,62	3,53	2,93	1,62	1,78	2,10	2,67	3,13	3,40	3,27	2,89	2,56	1,70	1,48	1,99	2,50	2,68	4,03	4,77	5,44	5,66	5,87	5,94	4,63	4,63	0,00		
	Tebu	mm/hari	1,98	1,92	1,97	2,27	2,57	2,90	3,02	3,14	3,56	3,69	3,81	3,24	3,30	3,35	3,58	3,58	3,57	3,57	3,57	4,04	4,04	4,04	5,20	5,20	5,20	6,88	6,88	6,88	6,56	6,04	5,52	3,90	3,57	3,25	2,03		
	Rasio Luas PAK :																																						
6	Padi		0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33		
	Palawija		0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,27778	0,167		
	Tebu		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			
7	PAK dengan Rasio Luas :																																						
	Padi	mm/hari	0,41	0,00	0,00	0,24	0,73	1,24	1,53	1,57	1,66	1,66	0,00	0,78	0,39	0,00	0,00	0,23	0,69	1,16	1,44	1,47	1,68	1,67	0,00	1,19	0,60	0,00	0,00	0,44	1,32	2,14	2,64	2,71	2,13	2,12	1,88	0,82	
	Palawija	mm/hari	0,09	0,29	0,54	0,78	0,96	1,16	1,24	1,24	1,26	1,01	0,59	0,16	0,09	0,30	0,58	0,89	1,04	1,13	1,09	0,96	0,85	0,57	0,49	0,66	0,83	0,89	1,34	1,59	1,81	1,89	1,96	1,98	1,54	1,54	1,29	0,00	
8	Tebu	mm/hari	0,66	0,64	0,66	0,76	0,86	0,97	1,01	1,05	1,19	1,23	1,27	1,08	1,10	1,12	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,35	1,35	1,35	1,73	1,73	1,73	2,29	2,29	2,29	2,19	2,01	1,84	1,30	1,19	1,08	0,68	
	Perkolasi ( <i>P</i> ) :																																						
	Padi	mm/hari	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		
9	Palawija	mm/hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	Tebu	mm/hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	Rasio Luas Perkolasi :																																						
10	Padi		0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,17	0,06	0,06	0,17	0,28	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33		
	Palawija		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	Tebu		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			
11	Perkolasi dengan Rasio Luas :																																						
	Padi	mm/hari	0,83	0,50	0,17	0,17	0,50	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,50	0,17	0,17	0,50	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,50	0,17	0,17	0,50	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			
	Palawija	mm/hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
12	Tebu	mm/hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan Padi ( <i>PL</i> )	mm/hari	13,74	13,74	13,88	13,88	13,88	13,90						13,64	13,64	13,76	13,76	13,76	13,76	13,75						14,81	14,81	15,96	15,96	15,96	15,74								
	Rasio Penyiapan Lahan Padi		0,06	0,17	0,28	0,28	0,17	0,06						0,06	0,17	0,28	0,28	0,17	0,06							0,06	0,17	0,28	0,28	0,17	0,06								
13	<i>PL</i> dengan Rasio Luas Padi	mm/hari	0,76	2,29	3,85	3,85	2,31	0,77						0,76	2,27	3,82	3,82	2,29	0,76							0,82	2,47	4,43	4,43	2,66	0,87								
	Pergantian Lapisan Air ( <i>WLR</i> ) Padi	mm/hari	1,25					1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25						1,25																			
	Rasio Luas WLR Padi		0,06					0,06	0,17	0,28	0,33	0,28	0,17	0,06						0,06	0,17	0,28	0,33	0,28	0,17	0,06					0,06	0,17	0,28	0,33	0,28	0,17			
14	<i>WLR</i> dengan Rasio Luas Padi	mm/hari	0,07					0,07	0,21	0,35	0,42	0,35	0,21	0,07						0,07	0,21	0,35	0,42	0,35	0,21	0,07					0,07	0,21	0,35	0,42	0,35	0,21			
	Curah Hujan Efektif :																																						
	Padi	mm/hari	1,92	9,45	6,01	8,12	14,83	6,79	4,10	13,09	17,57	3,12	2,95	3,68	0,52	2,76	1,51	6,23	6,36	1,88	1,30	0,00	0,01	0,00	0,06	0,00	0,0												



Tabel 4.46  
Pola Tata Tanam Alternatif 3

Daerah Irigasi		: Tanggul		Luas Lahan :		MT I		MT II		MT III	
Luas Baku Sawah		: 728 Ha		Padi		653		Padi		537	
Pola Tanam		: Padi, Palawija (Jagung), Tebu - Padi, Palawija (Kacang Tanah), Tebu - Padi, Tebu		Tebu		24		Tebu		101	
						35				35	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Luas Lahan :	MT I		MT II		MT III	
	Padi	693	Padi	693	Padi	549
		0		0		124
	Tebu	35	Tebu	35	Tebu	35

[illegible]



Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Daerah Irigasi : Tanggul  
Luas Baku Sawah : 728 Ha  
Pola Tanam : Padi, Palawija (Jagung) - Padi, Palawija (Kedelai) - Padi, Palawija (Kacang Tanah)

Luas Lahan :	MT I	MT II	MT III
Padi	693	Padi	693
Palawija	35	Palawija	35
Tebu	0	Tebu	0

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Luas Lahan :	MT I		MT II		MT III	
	Padi	693	Padi	693	Padi	693
		0		0		0
	Tebu	35	Tebu	35	Tebu	35

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018



### Jadwal Pemberian Air Irigasi Daerah Irigasi Tanggul

Bulan	Periode	Pola Tata Tanam			Debit Tersedia	Debit Kebutuhan	Debit Maksimum	Persen Debit	Pemberian Air		Sistem Rotasi			Waktu Pemberian Air Per Hari																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
		Musim Tanam	Jenis Tanaman	Luas Tanam					Kriteria	Keterangan	Blok A	Blok B	Blok C	Periode 1							Periode 2							Periode 3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
														1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Nov	1	MH	Padi	653 ha	0,59	0,355	0,635	92,96	Terus Menerus	Terus Menerus																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

## **BAB IV PEMBAHASAN**

### **4.1. Analisis Curah Hujan**

Curah hujan merupakan salah satu dari elemen-elemen meteorologi yang berperan penting dalam rangkaian proses siklus hidrologi. Pada siklus hidrologi ini diawali dengan gerakan air laut ke udara sehingga menguap, kemudian terjadilah awan yang didorong oleh angin hingga jatuh ke permukaan tanah dalam bentuk curah hujan, dan akhirnya kembali ke sungai atau laut. Analisis curah hujan yang dimaksud untuk menentukan curah hujan andalan dan curah hujan efektif.

#### **4.1.1. Uji Konsistensi Data Curah Hujan**

Sebelum dilakukan analisis, data curah hujan dilakukan uji konsistensi untuk dicek kualitasnya konsisten atau tidak. Uji konsistensi diperlukan untuk mengetahui apakah data yang tercatat di setiap stasiun hujan berubah atau terganggu karena lingkungan di sekitar tempat hujan dipasang. Perubahan ini diakibatkan diantaranya, terlindung oleh pepohonan, terletak berdekatan dengan gedung tinggi, perubahan cara penakaran dan pencatatan, pemindahan letak stasiun, dan perubahan iklim. Sehingga data curah hujan tersebut dianalisa terlebih dahulu menggunakan metode lengkung massa ganda (*double mass curve*). Metode ini membandingkan data stasiun hujan tahunan kumulatif yang diamati terhadap data stasiun hujan tahunan kumulatif sekitar dalam periode yang sama.

Data curah hujan yang diuji merupakan data curah hujan tahunan (dari tahun 2007-2016) dari lima stasiun hujan, yakni stasiun hujan Tanggul, stasiun hujan Bekacak, stasiun hujan Bangil, stasiun hujan Randupitu, dan stasiun hujan Winong yang tersebar di wilayah Daerah Irigasi Tanggul.



Tabel 4.1  
Data Curah Hujan Tahunan

Stasiun	Tanggul	Bekacak	Bangil	Randupitu	Winong
2007	1457	1558	1761	1563	936
2008	1667	1812	2256	1934	1996
2009	1656	1395	1757	1638	1876
2010	3227	3537	3418	3585	3642
2011	1645	1966	1902	1903	2164
2012	1645	1966	1902	1903	2164
2013	2267	3101	1997	2681	2821
2014	2267	1582	1821	2681	2821
2015	1516	1544	1470	1540	1884
2016	2051	1778	3534	2218	2883

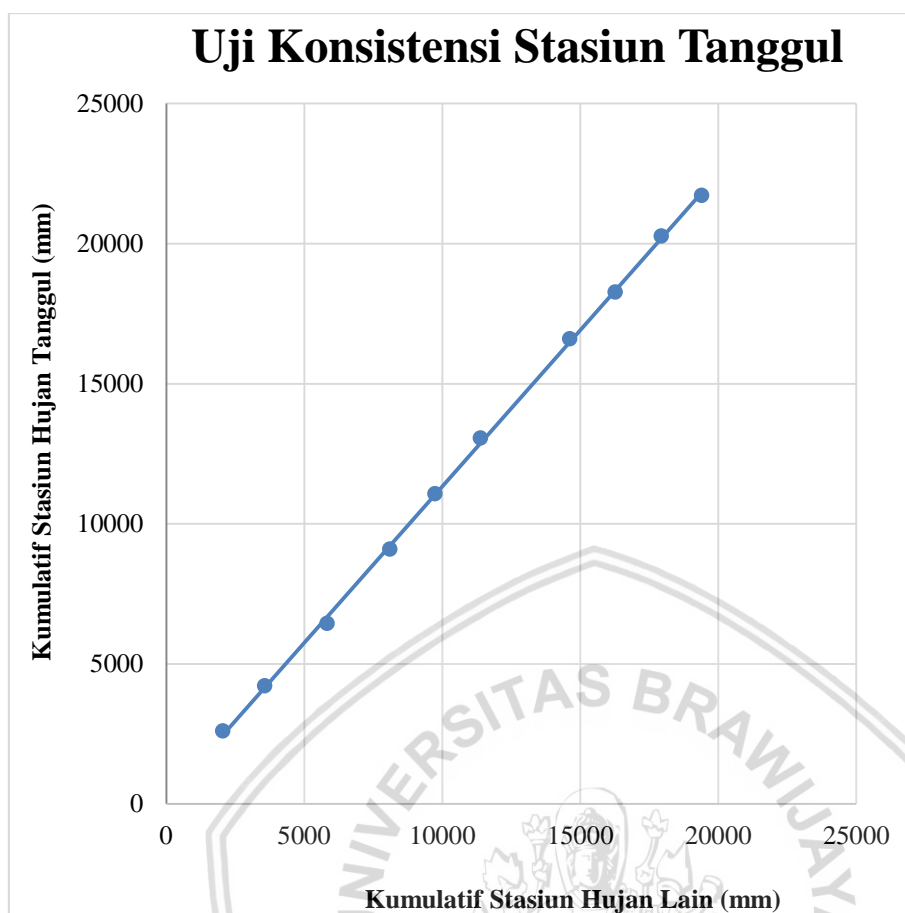
Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kab. Pasuruan, 2017

Pada pengujian kali ini, bagian terpenting yang harus diperhatikan adalah penggunaan stasiun sekitar yang digunakan sebagai acuan stasiun yang akan diuji. Kejadian sebaran hujan yang terjadi sangat bervariasi dari hulu hingga hilir, maka stasiun sekitar yang digunakan harus merupakan stasiun terdekat yang sekiranya memiliki sebaran hujan lebih kurang sama. Pada pengujian kali ini, stasiun yang menjadi contoh perhitungan adalah Stasiun Tanggul. Sedangkan stasiun yang menjadi pembanding adalah Stasiun Bekacak, Stasiun Bangil, Stasiun Randupitu, dan Stasiun Winong.

Tabel 4.2  
Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Tanggul

Tahun	Sta. Tanggul (mm)	Sta. Bekacak (mm)	Sta. Bangil (mm)	Sta. Randupitu (mm)	Sta. Winong (mm)	Kumulatif Tanggul (mm)	Rata-rata Sta. Pembanding (mm)	Kumulatif Sta. Pembanding (mm)
2016	2051,0	1778,0	3534,0	2218,0	2883,0	2051,0	2603,3	2603,3
2015	1516,0	1544,0	1470,0	1540,0	1884,0	3567,0	1609,5	4212,8
2014	2267,0	1582,0	1821,0	2681,0	2821,0	5834,0	2226,3	6439,0
2013	2267,0	3101,0	1997,0	2681,0	2821,0	8101,0	2650,0	9089,0
2012	1645,0	1966,0	1902,0	1903,0	2164,0	9746,0	1983,8	11072,8
2011	1645,0	1966,0	1902,0	1903,0	2164,0	11391,0	1983,8	13056,5
2010	3227,0	3537,0	3418,0	3585,0	3642,0	14618,0	3545,5	16602,0
2009	1656,0	1395,0	1757,0	1638,0	1876,0	16274,0	1666,5	18268,5
2008	1667,0	1812,0	2256,0	1934,0	1996,0	17941,0	1999,5	20268,0
2007	1457,0	1558,0	1761,0	1563,0	936,0	19398,0	1454,5	21722,5
RERATA	1939,80	2023,90	2181,80	2164,60	2318,70			
Simp. Baku ( $S_1$ )	540,05	714,91	710,81	647,48	747,07			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.1 Grafik uji konsistensi data curah hujan Stasiun Tanggul sebelum dikoreksi  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

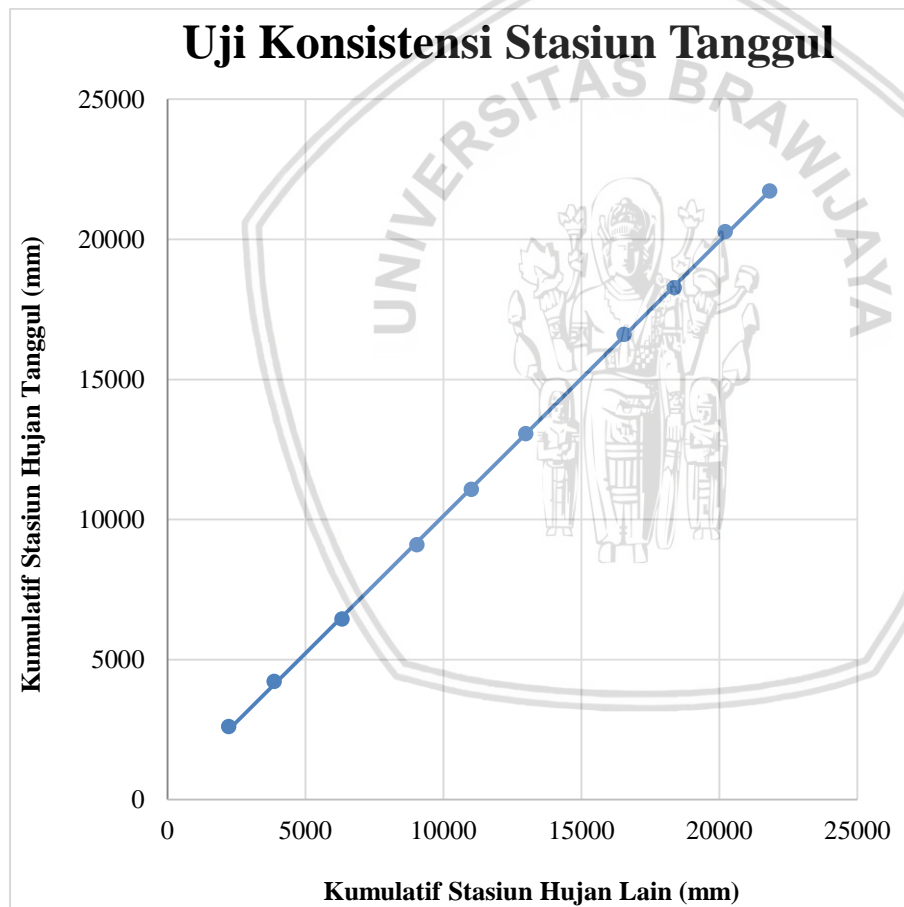
Pada grafik uji konsistensi Stasiun Tanggul, terlihat ada patahan (perbedaan kemiringan) pada garis yang terbentuk, sehingga perlu dilakukan koreksi sebagai berikut:

- Sudut garis acuan  $= \tan^{-1} \alpha_o$   
 $= \tan^{-1} ((5834,0-2051,0) / (6439,0-2603,3))$   
 $= \tan^{-1} (0,986)$   
 $= 41,80^\circ$
- Sudut garis patah  $= \tan^{-1} \alpha_o$   
 $= \tan^{-1} ((19398,0-8101,0) / (21722,5-9089,0))$   
 $= \tan^{-1} (0,894)$   
 $= 44,60^\circ$
- Faktor koreksi  $= 0,986 / 0,894$   
 $= 1,10$
- Data dikoreksi  $= (2007, 2008, \dots, 2015, 2016) \times FK$   
 $= (1457,0; \dots; 2051,0) \times 1,10 = 1607,0; 1838,6; \dots; 2227,0$

Tabel 4.3  
Data Curah Hujan Stasiun Tanggul Setelah Dikoreksi

Tahun	Sta. Tanggul	Sta. Bekacak	Sta. Bangil	Sta. Randupitu	Sta. Winong	Kumulatif Tanggul	Rata-rata Sta. Pembanding	Kumulatif Sta. Pembanding
2016	2227,0	1778,0	3534,0	2218,0	2883,0	2227,0	2603,3	2603,3
2015	1646,1	1544,0	1470,0	1540,0	1884,0	3873,1	1609,5	4212,8
2014	2461,5	1582,0	1821,0	2681,0	2821,0	6334,6	2226,3	6439,0
2013	2714,9	3101,0	1997,0	2681,0	2821,0	9049,5	2650,0	9089,0
2012	1970,0	1966,0	1902,0	1903,0	2164,0	11019,5	1983,8	11072,8
2011	1970,0	1966,0	1902,0	1903,0	2164,0	12989,5	1983,8	13056,5
2010	3559,1	3537,0	3418,0	3585,0	3642,0	16548,6	3545,5	16602,0
2009	1826,4	1395,0	1757,0	1638,0	1876,0	18375,1	1666,5	18268,5
2008	1838,6	1812,0	2256,0	1934,0	1996,0	20213,7	1999,5	20268,0
2007	1607,0	1558,0	1761,0	1563,0	936,0	21820,6	1454,5	21722,5
RERATA	2182,06	2023,90	2181,80	2164,60	2318,70			
Simp. Baku ( $S_1$ )	597,47	714,91	710,81	647,48	747,07			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



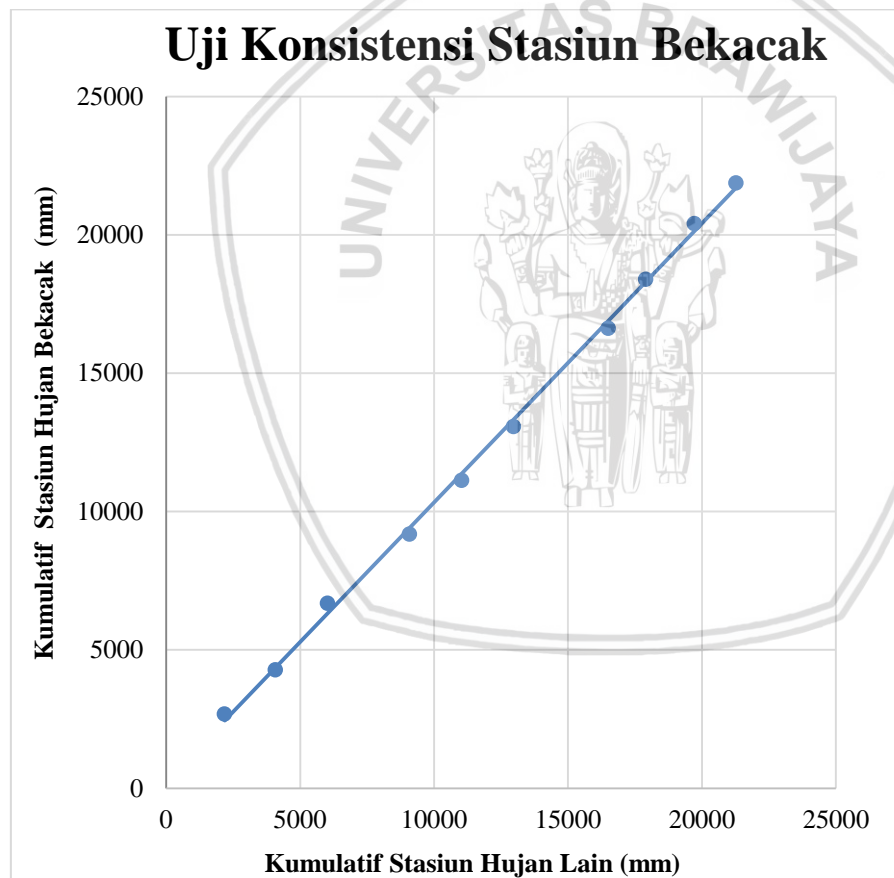
Gambar 4.2 Grafik uji konsistensi data curah hujan Stasiun Tanggul setelah dikoreksi  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Langkah yang sama juga diterapkan pada stasiun lainnya yang dianggap tidak konsisten, yaitu Stasiun Bekacak, Stasiun Bangil, dan Stasiun Winong. Berikut ini merupakan data curah hujan dan grafik uji konsistensi ketiga stasiun setelah dikoreksi.

Tabel 4.4  
Data Curah Hujan Stasiun Bekacak Setelah Dikoreksi

Tahun	Sta. Bekacak	Sta. Tanggul	Sta. Bangil	Sta. Randupitu	Sta. Winong	Kumulatif Bekacak	Rata-rata Sta. Pembanding	Kumulatif Sta. Pembanding
2016	2587,6	2051,0	3534,0	2218,0	2883,0	2587,6	2671,5	2671,5
2015	2247,0	1516,0	1470,0	1540,0	1884,0	4834,6	1602,5	4274,0
2014	2302,3	2267,0	1821,0	2681,0	2821,0	7136,9	2397,5	6671,5
2013	3063,3	2500,3	1997,0	2681,0	2821,0	10200,2	2499,8	9171,3
2012	1942,1	1814,3	1902,0	1903,0	2164,0	12142,3	1945,8	11117,2
2011	1942,1	1814,3	1902,0	1903,0	2164,0	14084,4	1945,8	13063,0
2010	3537,0	3559,1	3418,0	3585,0	3642,0	17621,4	3551,0	16614,0
2009	1395,0	1826,4	1757,0	1638,0	1876,0	19016,4	1774,4	18388,4
2008	1812,0	1838,6	2256,0	1934,0	1996,0	20828,4	2006,1	20394,5
2007	1558,0	1607,0	1761,0	1563,0	936,0	22386,4	1466,7	21861,3
RERATA	2238,64	2079,41	2181,80	2164,60	2318,70			
Simp. Baku (S1)	668,71	596,84	710,81	647,48	747,07			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

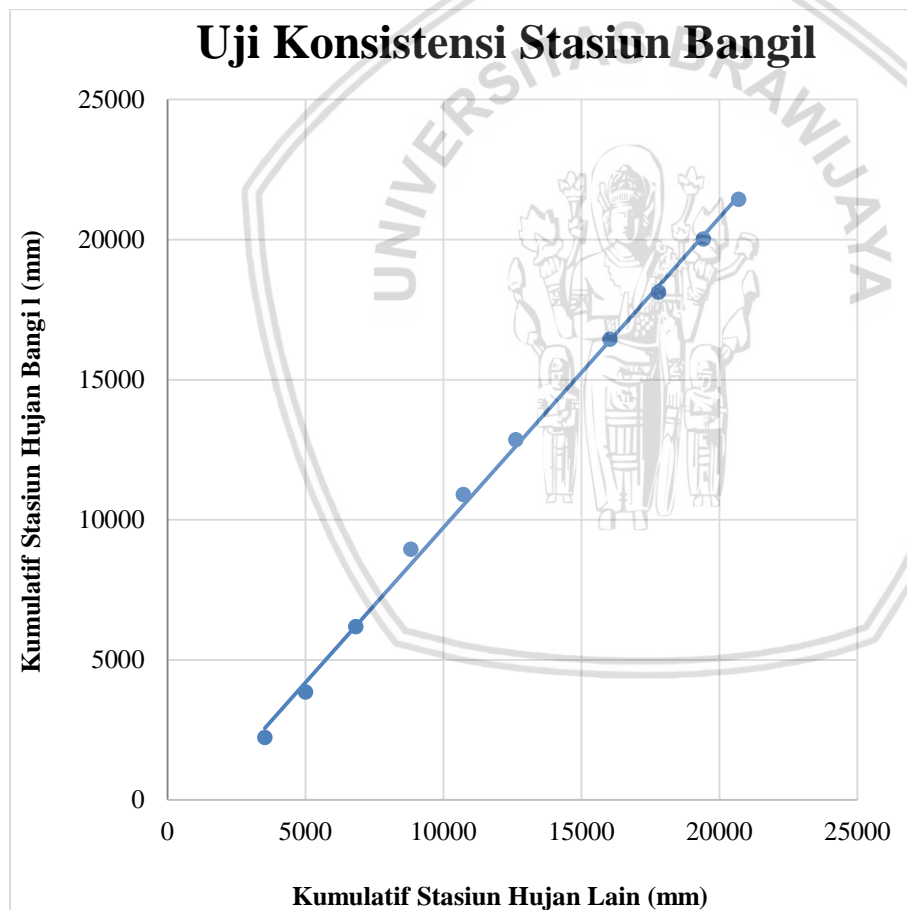


Gambar 4.3 Grafik uji konsistensi data curah hujan Stasiun Bekacak setelah dikoreksi  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.5  
Data Curah Hujan Stasiun Bangil Setelah Dikoreksi

Tahun	Sta. Bangil	Sta. Tanggul	Sta. Bekacak	Sta. Randupitu	Sta. Winong	Kumulatif Bangil	Rata-rata Sta. Pembanding	Kumulatif Sta. Pembanding
2016	3534,0	2051,0	1756,4	2218,0	2883,0	3534,0	2227,1	2227,1
2015	1470,0	1516,0	1525,2	1540,0	1884,0	5004,0	1616,3	3843,4
2014	1821,0	2267,0	1562,8	2681,0	2821,0	6825,0	2332,9	6176,3
2013	1677,1	2500,3	3063,3	2681,0	2821,0	8502,1	2766,4	8942,8
2012	1597,4	1814,3	1942,1	1903,0	2164,0	10099,5	1955,9	10898,6
2011	1597,4	1814,3	1942,1	1903,0	2164,0	11696,8	1955,9	12854,5
2010	2994,3	3559,1	3537,0	3585,0	3642,0	14691,1	3580,8	16435,2
2009	1539,2	1826,4	1395,0	1638,0	1876,0	16230,3	1683,9	18119,1
2008	1426,6	1838,6	1812,0	1934,0	1996,0	17656,9	1895,1	20014,2
2007	1113,6	1607,0	1558,0	1563,0	936,0	18770,5	1416,0	21430,2
RERATA	1877,05	2079,41	2009,39	2164,60	2318,70			
Simp. Baku ( $S_i$ )	764,40	596,84	712,70	647,48	747,07			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



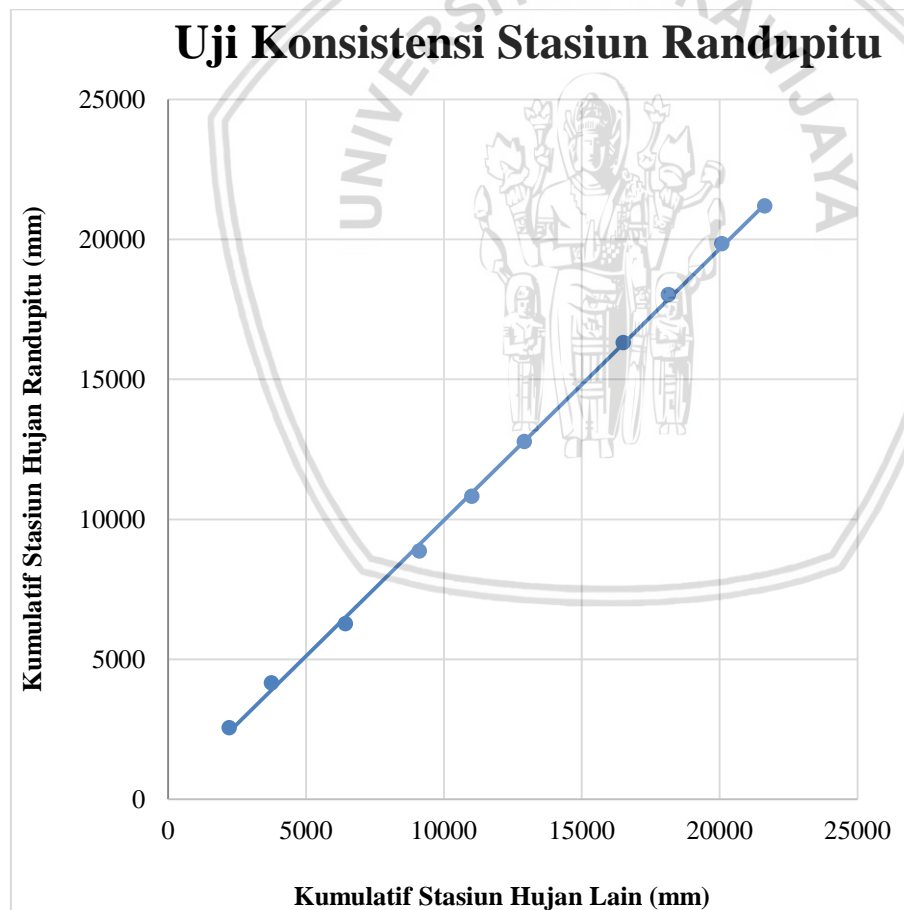
Gambar 4.4 Grafik uji konsistensi data curah hujan Stasiun Bangil setelah dikoreksi  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Tabel 4.6  
Data Curah Hujan Stasiun Randupitu

Tahun	Sta. Randupitu	Sta. Tanggul	Sta. Bekacak	Sta. Bangil	Sta. Winong	Kumulatif Randupitu	Rata-rata Sta. Pembanding	Kumulatif Sta. Pembanding
2016	2218,0	2051,0	1756,4	3534,0	2883,0	2218,0	2556,1	2556,1
2015	1540,0	1516,0	1525,2	1470,0	1884,0	3758,0	1598,8	4154,9
2014	2681,0	2267,0	1562,8	1821,0	2821,0	6439,0	2117,9	6272,8
2013	2681,0	2500,3	3063,3	1997,0	2821,0	9120,0	2595,4	8868,3
2012	1903,0	1814,3	1942,1	1902,0	2164,0	11023,0	1955,6	10823,9
2011	1903,0	1814,3	1942,1	1902,0	2164,0	12926,0	1955,6	12779,5
2010	3585,0	3559,1	3537,0	3418,0	3642,0	16511,0	3539,0	16318,5
2009	1638,0	1826,4	1395,0	1757,0	1876,0	18149,0	1713,6	18032,1
2008	1934,0	1838,6	1812,0	1628,5	1996,0	20083,0	1818,8	19850,9
2007	1563,0	1607,0	1558,0	1271,2	936,0	21646,0	1343,0	21193,9
RERATA	2164,60	2079,41	2009,39	2070,07	2318,70			
Simp. Baku (S1)	647,48	596,84	712,70	772,81	747,07			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

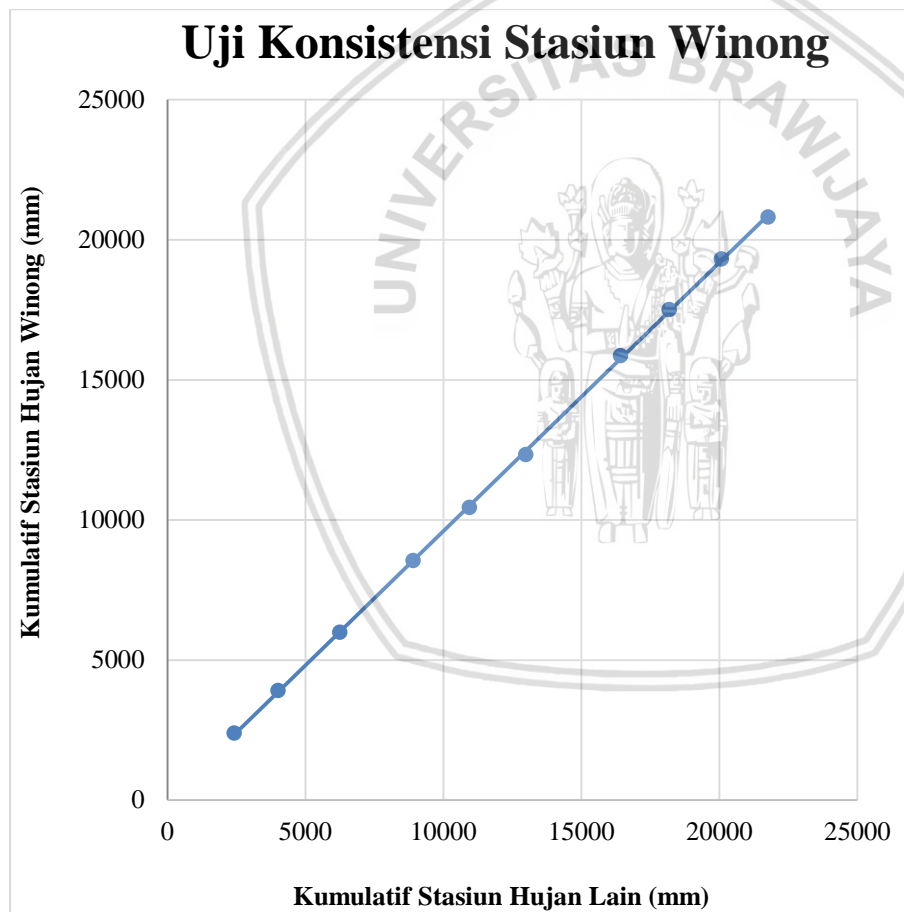


Gambar 4.5 Grafik uji konsistensi data curah hujan Stasiun Randupitu  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.7  
Data Curah Hujan Stasiun Winong

Tahun	Sta. Winong	Sta. Tanggul	Sta. Bekacak	Sta. Bangil	Sta. Randupitu	Kumulatif Winong	Rata-rata Sta. Pembanding	Kumulatif Sta. Pembanding
2016	2424,2	2051,0	1756,4	3534,0	2218,0	2424,2	2389,8	2389,8
2015	1584,2	1516,0	1525,2	1470,0	1540,0	4008,4	1512,8	3902,7
2014	2236,6	2267,0	1562,8	1821,0	2681,0	6245,0	2082,9	5985,6
2013	2659,8	2500,3	3063,3	1997,0	2681,0	8904,8	2560,4	8546,0
2012	2040,4	1814,3	1942,1	1902,0	1903,0	10945,2	1890,4	10436,4
2011	2040,4	1814,3	1942,1	1902,0	1903,0	12985,6	1890,4	12326,7
2010	3433,9	3559,1	3537,0	3418,0	3585,0	16419,5	3524,8	15851,5
2009	1768,8	1826,4	1395,0	1757,0	1638,0	18188,3	1654,1	17505,6
2008	1882,0	1838,6	1812,0	1628,5	1934,0	20070,3	1803,3	19308,9
2007	1697,2	1607,0	1558,0	1271,2	1563,0	21767,5	1499,8	20808,7
RERATA	2176,75	2079,41	2009,39	2070,07	2164,60			
Simp. Baku (S1)	552,81	596,84	712,70	772,81	647,48			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.6 Grafik uji konsistensi data curah hujan Stasiun Winong setelah dikoreksi  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Rekapitulasi hasil uji konsistensi data hujan (setelah dikoreksi) adalah sebagai berikut.

Tabel 4.8  
Data Curah Hujan Tahunan Setelah Dikoreksi

No.	Tahun	Stasiun				
		Tanggul	Bekacak	Bangil	Randupitu	Winong
1	2007	1607,0	1558,0	1113,6	1563,0	1697,2
2	2008	1838,6	1812,0	1426,6	1934,0	1882,0
3	2009	1826,4	1395,0	1539,2	1638,0	1768,8
4	2010	3559,1	3537,0	2994,3	3585,0	3433,9
5	2011	1970,0	1942,1	1597,4	1903,0	2040,4
6	2012	1970,0	1942,1	1597,4	1903,0	2040,4
7	2013	2714,9	3063,3	1677,1	2681,0	2659,8
8	2014	2461,5	2302,3	1821,0	2681,0	2236,6
9	2015	1646,1	2247,0	1470,0	1540,0	1584,2
10	2016	2227,0	2587,6	3534,0	2218,0	2424,2

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

#### 4.1.2. Uji Ketidakadaan *Trend*

Data curah hujan dari lima stasiun yang akan dipakai diuji terlebih dahulu karakteristiknya menggunakan statistika agar teruji kualitasnya sebelum digunakan dalam analisis selanjutnya. Untuk mengetahui karakteristik ada tidaknya *trend* dapat dilakukan uji ketidakadaan *trend*. *Trend* diapandang sebagai korelasi antara waktu dengan variat dari suatu variabel hidrologi. Oleh karena itu, koefisien korelasinya dapat digunakan untuk menentukan ketidakadaan *trend* dari suatu deret berkala. Apabila menunjukkan adanya *trend* maka data curah hujan tersebut tidak disarankan digunakan untuk beberapa analisis hidrologi, analisis hidrologi harus mengikuti garis *trend* yang dihasilkan. Berikut ini merupakan uji ketidakadaan *trend* korelasi peringkat metode *Spearman*.

Contoh perhitungan pada Stasiun Tanggul tahun 2007.

- Peringkat  $Tt$  merupakan data hujan yang dirangking sesuai urutan tahun data. Tahun 2007 data curah hujan menempati rangking ke-1.
- Peringkat  $Rt$  data hujan per tahun yang diberi ranking data curah hujan dari terbesar. Misal, tahun 2007, data curah hujan 1697,1 mm menempati rangking ke-10.
- $dt = \text{Peringkat } Rt - \text{Peringkat } Tt = 10 - 1 = 9$
- $dt^2 = 9^2 = 81$
- Dilakukan uji-t digunakan untuk menentukan apakah variabel waktu dan variabel hidrologi saling bergantung (*dependent*) atau bergantung (*independent*).

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n dt^2}{n^3 - n} = 1 - \frac{6 \cdot 226}{10^3 - 10} = -0,370$$

$$t_{hitung} = KP \left[ \frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{0,5} = -0,370 \left[ \frac{10-2}{1-(-0,370)^2} \right]^{0,5} = -1,125$$

f. Bandingkan nilai  $t_{hitung}$  terhadap  $t_{tabel}$ 

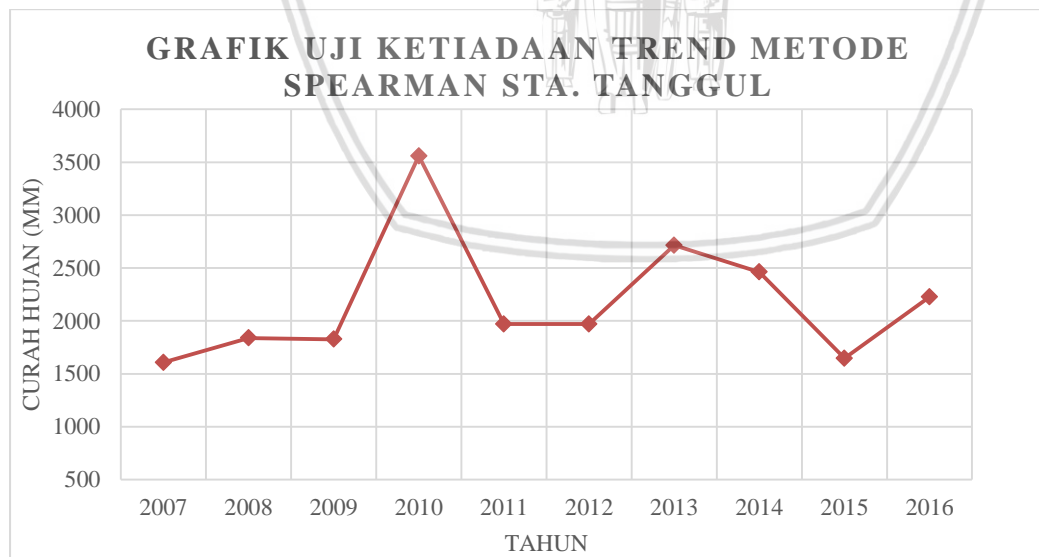
Pada pengujian dua sisi dengan derajat kepercayaan  $\alpha = 5\%$ , dimana  $d_k = n - 2 = 8$ , didapatkan  $t_{cr} = 2,365$ . Karena nilai  $-t_{cr} < t_{hitung} < t_{cr}$  sehingga nilai  $t$  terletak  $-2,365 < -1,125 < 2,365$ , maka tidak ada alasan untuk menolak hipotesa nol, bahwa dua seri data hujan runtut waktu ( $R_t$  dan  $T_t$ ) adalah *independent* dan tidak menunjukkan adanya *trend*.

Tabel 4.9

Perhitungan Koefisien Korelasi Peringkat Metode Spearman Stasiun Tanggul

No.	Tahun	Peringkat $T_t$	Hujan (mm)	Peringkat $R_t$	$dt$	$dt^2$
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]=[5]-[3]	[7]=[6].[6]
1	2007	1	1607,0	10	9	81
2	2008	2	1838,6	7	5	25
3	2009	3	1826,4	8	5	25
4	2010	4	3559,1	1	-3	9
5	2011	5	1970,0	5	0	0
6	2012	6	1970,0	6	0	0
7	2013	7	2714,9	2	-5	25
8	2014	8	2461,5	3	-5	25
9	2015	9	1646,1	9	0	0
10	2016	10	2227,0	4	-6	36
Jumlah						226

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Gambar 4.7 Grafik uji ketidakadaan *trend* Stasiun Tanggul

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Langkah yang sama juga diterapkan pada semua stasiun lainnya. Rekapitulasi hasil perhitungan Uji-t adalah sebagai berikut.

Tabel 4.10  
Rekapitulasi Perhitungan Uji-t

No.	Stasiun Hujan	KP	Uji t		Hipotesa
			t hitung	t cr	
1	Sta. Tanggul	-0,370	-1,125		Diterima
2	Sta. Bekacak	-0,612	-2,189		Diterima
3	Sta. Bangil	-0,612	-2,189	2,37	Diterima
4	Sta. Randupitu	-0,188	-0,541		Diterima
5	Sta. Winong	-0,297	-0,880		Diterima

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

#### 4.1.3. Uji Stasioner

Uji stasioner dimaksudkan untuk menguji kestabilan nilai varian dan rata-rata dari deret berkala. Uji ini bertujuan mengetahui apakah data dari suatu deret berkala bersifat homogen atau tidak. Apabila deret data bersifat tidak homogen, maka artinya deret data tersebut dikatakan tidak stasioner.

##### a. Uji-F (Uji Kestabilan Varian)

Langkah-langkah perhitungan Uji-F adalah sebagai berikut:

1. Bagi deret data menjadi 2 kelompok

Tabel 4.11

Data Hujan Stasiun Tanggul Kelompok I

No.	Tahun	Curah Hujan (mm)
1	2007	1607,0
2	2008	1838,6
3	2009	1826,4
4	2010	3559,1
5	2011	1970,0
<b>Jumlah</b>		10801,1
$N_1$		5
$\bar{X}_1$		2160,2
$S_1$		792,8

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.12

Data Hujan Stasiun Tanggul Kelompok II

No.	Tahun	Curah Hujan (mm)
1	2012	1970,0
2	2013	2714,9
3	2014	2461,5
4	2015	1646,1
5	2016	2227,0
<b>Jumlah</b>		11019,5
$N_2$		5
$\bar{X}_2$		2203,9
$S_2$		416,5

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

2. Cari nilai  $F_{hitung}$  menggunakan persamaan:

$$F = \frac{N_1 \cdot S_1^2 \cdot (N_2 - 1)}{N_2 \cdot S_2^2 \cdot (N_1 - 1)} = \frac{5 \cdot 792,8^2 \cdot (5 - 1)}{5 \cdot 416,5^2 \cdot (5 - 1)} = 3,62$$

3. Bandingkan nilai  $F_{hitung}$  terhadap  $F_{cr}$

Pada pengujian dua sisi dengan derajat kepercayaan  $\alpha = 5\%$ , dimana  $dk_1 = N_1 - 1 = 4$ ,  $dk_2 = N_2 - 1 = 4$ , didapatkan  $F_{cr} = 6,39$ . Karena nilai  $F_{hitung} < F_{cr}$ , sehingga nilai  $F$  terletak  $-6,39 < 3,62 < 6,39$ , maka tidak ada alasan untuk menolak



hipotesa nol, bahwa nilai variannya stabil. Dengan kata lain, deret data berkala tersebut homogen.

Langkah yang sama juga diberlakukan pada semua stasiun lainnya. Rekapitulasi hasil perhitungan Uji-F adalah sebagai berikut:

Tabel 4.13

Rekapitulasi Perhitungan Uji-F

No.	Stasiun	Kel.	X	Sd	F <sub>hitung</sub>	F <sub>cr</sub>	Hipotesa
1	Tanggul	I	2160,2	792,8	3,623		Diterima
		II	2203,9	416,5			
2	Bekacak	I	2048,8	858,9	4,134		Diterima
		II	2428,5	422,4			
3	Bangil	I	1734,2	728,7	0,725	6,39	Diterima
		II	2019,9	855,9			
4	Randupitu	I	2124,6	832,2	2,808		Diterima
		II	2204,6	496,7			
5	Winong	I	2164,5	721,4	3,120		Diterima
		II	2189,0	408,4			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan hasil rekapitulasi perhitungan Uji-F pada Tabel 4.13, dapat disimpulkan bahwa data hujan dari semua stasiun variannya stabil pada derajat kepercayaan 5%.

#### b. Uji-t (Uji Kestabilan Rata-Rata)

Langkah-langkah perhitungan Uji-t adalah sebagai berikut:

1. Bagi deret data menjadi 2 kelompok

Tabel 4.14

Data Hujan Stasiun Tanggul Kelompok I

No.	Tahun	Curah Hujan (mm)
1	2007	1607,0
2	2008	1838,6
3	2009	1826,4
4	2010	3559,1
5	2011	1970,0
<b>Jumlah</b>		10801,1
<b>N<sub>1</sub></b>		5
<b><math>\bar{X}_1</math></b>		2160,2
<b>S<sub>1</sub></b>		792,8

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.15

Data Hujan Stasiun Tanggul Kelompok II

No.	Tahun	Curah Hujan (mm)
1	2012	1970,0
2	2013	2714,9
3	2014	2461,5
4	2015	1646,1
5	2016	2227,0
<b>Jumlah</b>		11019,5
<b>N<sub>2</sub></b>		5
<b><math>\bar{X}_2</math></b>		2203,9
<b>S<sub>2</sub></b>		416,5

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

2. Cari nilai  $\sigma$  menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{N_1 \cdot S_1^2 + N_2 \cdot S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} = \frac{5 \cdot 792,8^2 + 5 \cdot 416,5^2}{5 + 5 - 2} = 633,2$$

3. Cari nilai  $t_{hitung}$  menggunakan persamaan:

$$t_{hitung} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} = \frac{2160,2 - 2203,9}{633,2 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}} = -0,11$$

4. Bandingkan nilai  $t_{hitung}$  terhadap  $t_{cr}$

Pada pengujian dua sisi dengan derajat kepercayaan  $\alpha = 5\%$ , dimana  $d_k = N_1 + N_2 - 2 = 8$ , didapatkan  $t_{cr} = 2,35$ . Karena nilai  $-t_{cr} < t_{hitung} < t_{cr}$  sehingga nilai  $t$  terletak  $-2,365 < -0,11 < 2,365$ , maka tidak ada alasan untuk menolak hipotesa nol, bahwa nilai rata-ratanya stabil. Dengan kata lain, deret data berkala tersebut homogen.

Langkah yang sama juga diberlakukan pada semua stasiun lainnya. Rekapitulasi hasil perhitungan Uji-t adalah sebagai berikut:

Tabel 4.16

Rekapitulasi Perhitungan Uji-t

No.	Stasiun	Kel.	X	Sd	F <sub>hitung</sub>	F <sub>cr</sub>	Hipotesa
1	Tanggul	I	2160,2	792,8	-0,109	2,35	Diterima
		II	2203,9	416,5			
2	Bekacak	I	2048,8	858,9	-0,887		Diterima
		II	2428,5	422,4			
3	Bangil	I	1734,2	728,7	-0,568		Diterima
		II	2019,9	855,9			
4	Randupitu	I	2124,6	832,2	-0,185		Diterima
		II	2204,6	496,7			
5	Winong	I	2164,5	721,4	-0,066		Diterima
		II	2189,0	408,4			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan hasil rekapitulasi perhitungan Uji-t pada Tabel 4.16, dapat disimpulkan bahwa data hujan dari semua stasiun rata-ratanya stabil atau stasioner pada derajat kepercayaan 5%.

#### 4.1.4. Uji Persistensi

Persistensi merupakan ketidaktergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala data hidrologi runtut waktu. Anggapan bahwa data berasal dari sampel acak harus diuji. Untuk melakukan pengujian persistensi menggunakan besarnya koefisien korelasi serial. Berikut ini merupakan uji persistensi dengan metode *Spearman*.

Contoh perhitungan pada Stasiun Tanggul tahun 2007.

- Peringkat  $T_i$  merupakan data hujan yang dirangking sesuai urutan tahun data. Tahun 2007 data curah hujan menempati rangking ke-1.
- Peringkat  $R_i$  data hujan per tahun yang diberi ranking data curah hujan dari terbesar. Misal, tahun 2007, data curah hujan 1607,0 mm menempati rangking ke-10.

c.  $di = \text{Peringkat } Ri - \text{Peringkat } Ti = 10 - 1 = 9$

d.  $dt^2 = 9^2 = 81$

e. Dilakukan uji-t digunakan untuk menentukan apakah variabel waktu dan variabel hidrologi saling bergantung (*dependent*) atau bergantung (*independent*).

$$KS = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^m dt^2}{m^3 - m} = 1 - \frac{6 \cdot 226}{9^3 - 9} = -0,883$$

$$t_{hitung} = KS \left[ \frac{m-2}{1-KS^2} \right]^{0,5} = -0,883 \left[ \frac{9-2}{1-(-0,883)^2} \right]^{0,5} = -4,986$$

f. Bandingkan nilai  $t_{hitung}$  terhadap  $t_{tabel}$

Pada pengujian satu sisi dengan derajat kepercayaan  $\alpha = 5\%$ , dimana  $d_k = m - 2 = 7$ , didapatkan  $t_{cr} = 1,895$ . Karena nilai  $t_{hitung} < t_{cr}$  sehingga nilai  $t$  terletak  $-4,986 < 1,895$ , maka tidak ada alasan untuk menolak hipotesa nol, bahwa dua seri data hujan runtut waktu adalah *independent* dan tidak menunjukkan adanya persistensi sehingga data bersifat acak.

Tabel 4.17

Perhitungan Uji Persistensi Metode Spearman Stasiun Tanggul

No.	Tahun	Peringkat Tt	Hujan (mm)	Peringkat Rt	di	di <sup>2</sup>
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6] = [5] - [3]	[7] = [6] · [6]
1	2007	1	1607,0	10	9	81
2	2008	2	1838,6	7	5	25
3	2009	3	1826,4	8	5	25
4	2010	4	3559,1	1	-3	9
5	2011	5	1970,0	5	0	0
6	2012	6	1970,0	6	0	0
7	2013	7	2714,9	2	-5	25
8	2014	8	2461,5	3	-5	25
9	2015	9	1646,1	9	0	0
10	2016	10	2227,0	4	-6	36
Jumlah						226

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Apabila dari suatu deret berkala data hidrologi runtut waktu setelah diuji ternyata sebagai berikut:

Tabel 4.18  
Rekapitulasi Perhitungan Uji-t

No.	Stasiun Hujan	KS	Uji t		Hipotesa
			t hitung	t cr	
1	Sta. Tanggul	-0,883	-4,986		Diterima
2	Sta. Bekacak	-1,217	-2,044		Diterima
3	Sta. Bangil	-1,217	-2,044	1,895	Diterima
4	Sta. Randupitu	-0,633	-2,165		Diterima
5	Sta. Winong	-0,783	-3,334		Diterima

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Langkah yang sama juga diterapkan pada semua stasiun lainnya. Rekapitulasi hasil perhitungan uji statistik adalah sebagai berikut.

- tidak menunjukkan adanya *trend*
- stasioner, artinya varian dan rata-ratanya stabil/homogen
- bersifat acak, *independent*.

Maka deret berkala data curah hujan runtut waktu dapat digunakan untuk analisis hidrologi selanjutnya.

#### 4.2. Curah Hujan Wilayah/Daerah

Berdasarkan hasil uji konsistensi data curah hujan 10 harian (dari tahun 2007-2016) dari lima stasiun hujan, yakni stasiun hujan Tanggul, stasiun hujan Bekacak, stasiun hujan Bangil, stasiun hujan Randupitu, dan stasiun hujan Winong dapat mewakili Daerah Irigasi Tanggul. Analisa data curah hujan diamati dari setiap pos stasiun hujan menjadi curah hujan wilayah/daerah menggunakan metode rerata aljabar.

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan rencana pemanfaatan air irigasi merupakan curah hujan rerata dari banyak pos pengamatan stasiun hujan, bukan curah hujan dari satu pos stasiun hujan. Semakin banyak pos pengamatan stasiun hujan yang digunakan maka penggambaran curah hujan wilayah/daerah akan lebih baik.

Contoh perhitungan curah hujan Daerah Irigasi Tanggul pada bulan januari periode pertama tahun 2007 sebagai berikut.

Diketahui:

1. Jumlah stasiun curah hujan = 5 buah
2. Curah hujan di stasiun hujan Tanggul = 7 mm
3. Curah hujan di stasiun hujan Bekacak = 3 mm
4. Curah hujan di stasiun hujan Bangil = 47 mm
5. Curah hujan di stasiun hujan Randupitu = 5 mm

6. Curah hujan di stasiun hujan Winong = 3 mm

Maka curah hujan Daerah Irigasi Tanggul dapat ditentukan berikut ini.

$$\begin{aligned}\hat{R} &= \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \\ &= \frac{1}{5} (7 + 3 + 47 + 5 + 3) \\ &= 13 \text{ mm}\end{aligned}$$

Hasil perhitungan curah hujan metode rerata aljabar selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 4.19 sampai dengan 4.23.





Tabel 4.19  
Data Curah Hujan Stasiun HujanTanggul (Stasiun Hujan 1)

Bulan	Periode	Tahun										Total (mm)	Rerata (mm)	Max (mm)	Min (mm)
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016				
Jan	1	7	70	56	256	76	255	81	81	43	216	1141	114,10	256	7
	2	21	41	122	192	156	103	77	77	104	149	1042	104,20	192	21
	3	195	81	272	181	146	161	108	108	160	121	1533	153,30	272	81
Feb	1	170	184	81	295	42	206	64	64	153	385	1644	164,40	385	42
	2	69	51	60	53	74	53	180	180	78	199	997	99,70	199	51
	3	82	133	184	49	80	108	109	109	16	262	1132	113,20	262	16
Mar	1	101	250	265	91	182	34	129	129	140	105	1426	142,60	265	34
	2	143	42	108	55	75	52	94	94	152	134	949	94,90	152	42
	3	70	70	33	32	145	77	90	90	40	80	727	72,70	145	32
Apr	1	37	92	64	151	146	86	30	30	33	124	793	79,30	151	30
	2	54	2	4	187	131	0	192	192	19	119	900	90,00	192	0
	3	17	2	27	229	26	70	72	72	91	7	613	61,30	229	2
Mei	1	0	22	20	55	145	24	15	15	192	6	494	49,40	192	0
	2	122	1	99	242	31	35	41	41	5	7	624	62,40	242	1
	3	58	2	58	37	0	0	58	58	13	143	427	42,70	143	0
Jun	1	19	0	4	12	2	9	121	121	0	0	288	28,80	121	0
	2	20	0	14	43	0	38	147	147	0	69	478	47,80	147	0
	3	0	0	0	0	30	0	22	22	0	198	272	27,20	198	0
Jul	1	48	0	0	33	0	0	23	23	0	20	147	14,70	48	0
	2	2	0	0	0	17	0	26	26	0	51	122	12,20	51	0
	3	0	0	4	38	0	0	0	0	0	1	43	4,30	38	0
Agt	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	6	0,60	4	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220	220	22,00	220	0
	3	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	23	2,30	23	0
Sep	1	0	0	0	48	0	0	0	0	0	43	91	9,10	48	0
	2	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	37	3,70	37	0
	3	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	25	2,50	25	0
Okt	1	0	0	0	60	0	0	0	0	0	222	282	28,20	222	0
	2	8	0	0	70	0	0	0	0	0	71	149	14,90	71	0
	3	0	21	0	41	0	0	0	0	0	3	65	6,50	41	0
Nov	1	5	75	0	154	136	26	0	0	0	112	508	50,80	154	0
	2	8	128	0	2	30	0	99	99	0	119	485	48,50	128	0
	3	0	78	21	46	46	0	174	174	34	32	605	60,50	174	0
Des	1	17	73	0	251	136	112	60	60	45	202	956	95,60	251	0
	2	63	180	29	129	30	85	207	207	106	56	1092	109,20	207	29
	3	121	69	131	106	46	111	48	48	92	56	828	82,80	131	46
Total (mm)		1457	1667	1656	3227	1928	1645	2267	2267	1516	3534	21164	2116,40	3534	1457

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.20

Data Curah Hujan Stasiun Hujan Bekacak (Stasiun Hujan 2)

Bulan	Periode	Tahun										Total (mm)	Rerata (mm)	Max (mm)	Min (mm)
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016				
Jan	1	3	76	78	207	25	404	121	237	72	24	1247	124,70	404	3
	2	35	18	83	350	154	84	210	57	185	3	1179	117,90	350	3
	3	157	37	194	239	100	167	141	71	133	71	1310	131,00	239	37
Feb	1	185	232	87	177	78	310	17	198	166	166	1616	161,60	310	17
	2	43	82	60	189	36	18	200	69	60	123	880	88,00	200	18
	3	66	90	118	94	110	71	202	141	16	81	989	98,90	202	16
Mar	1	106	53	252	143	235	93	181	101	114	35	1313	131,30	252	35
	2	146	43	33	85	72	115	277	95	111	65	1042	104,20	277	33
	3	161	99	20	74	121	25	142	77	15	140	874	87,40	161	15
Apr	1	39	85	6	80	39	105	99	3	54	16	526	52,60	105	3
	2	128	0	0	148	141	0	217	103	78	95	910	91,00	217	0
	3	23	4	57	101	50	25	86	51	110	0	507	50,70	110	0
Mei	1	0	53	13	40	109	55	20	26	30	10	356	35,60	109	0
	2	48	4	58	327	72	87	40	9	19	67	731	73,10	327	4
	3	33	5	56	56	0	0	85	31	51	121	438	43,80	121	0
Jun	1	19	0	16	11	0	0	272	0	0	0	318	31,80	272	0
	2	29	0	30	6	0	30	182	13	0	0	290	29,00	182	0
	3	0	0	0	0	0	0	55	0	0	96	151	15,10	96	0
Jul	1	0	0	0	202	0	0	0	0	0	19	221	22,10	202	0
	2	0	0	0	0	0	0	25	13	0	29	67	6,70	29	0
	3	0	0	0	51	0	0	0	0	0	38	89	8,90	51	0
Agt	1	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	7,30	73	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
	3	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	26	2,60	26	0
Sep	1	0	0	0	58	0	0	0	0	0	0	58	5,80	58	0
	2	0	0	0	27	0	0	0	0	0	16	43	4,30	27	0
	3	0	0	0	20	0	0	0	0	0	12	32	3,20	20	0
Okt	1	0	0	0	114	0	0	0	0	0	70	184	18,40	114	0
	2	0	0	0	75	0	0	0	0	0	13	88	8,80	75	0
	3	0	0	0	5	0	0	0	0	0	22	27	2,70	22	0
Nov	1	0	122	0	201	81	0	0	0	0	11	415	41,50	201	0
	2	0	165	0	9	14	0	142	0	0	49	379	37,90	165	0
	3	0	106	55	0	42	0	205	0	27	24	459	45,90	205	0
Des	1	33	39	0	242	46	10	48	91	53	67	629	62,90	242	0
	2	72	246	25	119	171	183	134	18	138	223	1329	132,90	246	18
	3	142	86	152	61	272	184	0	178	112	72	1259	125,90	272	0
Total (mm)		1541	1645	1393	3537	1968	1966	3101	1582	1544	1778	20055	2005,50	3537	1393

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.21  
Data Curah Hujan Stasiun Hujan Bangil (Stasiun Hujan 3)

Bulan	Periode	Tahun										Total (mm)	Rerata (mm)	Max (mm)	Min (mm)
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016				
Jan	1	47	144	101	270	54	272	51	251	41	18	1249	124,90	272	18
	2	31	53	124	165	146	232	160	61	170	0	1142	114,20	232	0
	3	177	52	112	294	119	286	71	147	77	84	1419	141,90	294	52
Feb	1	265	236	101	169	41	188	63	179	193	231	1666	166,60	265	41
	2	57	122	60	218	36	98	142	87	43	120	983	98,30	218	36
	3	90	121	176	43	137	87	117	145	15	94	1025	102,50	176	15
Mar	1	156	158	311	118	295	34	139	79	72	36	1398	139,80	311	34
	2	176	42	57	73	100	104	158	147	152	74	1083	108,30	176	42
	3	145	134	20	68	172	20	73	77	12	151	872	87,20	172	12
Apr	1	51	122	6	60	41	143	82	32	53	102	692	69,20	143	6
	2	117	8	0	130	171	0	67	66	98	194	851	85,10	194	0
	3	9	52	95	113	9	40	35	65	120	20	558	55,80	120	9
Mei	1	0	63	14	29	173	53	30	47	41	5	455	45,50	173	0
	2	96	0	49	371	53	67	86	18	22	73	835	83,50	371	0
	3	9	13	171	32	0	0	37	25	58	133	478	47,80	171	0
Jun	1	0	0	108	11	0	5	198	0	0	0	322	32,20	198	0
	2	23	0	32	34	0	32	122	7	0	19	269	26,90	122	0
	3	0	0	0	0	0	0	76	0	0	191	267	26,70	191	0
Jul	1	50	0	0	174	0	0	28	0	0	19	271	27,10	174	0
	2	0	0	0	4	0	0	57	7	0	36	104	10,40	57	0
	3	0	0	0	41	0	0	0	0	0	65	106	10,60	65	0
Agt	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	1,20	12	0
	3	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	2,00	20	0
Sep	1	0	0	0	53	0	0	0	0	0	3	56	5,60	53	0
	2	0	0	0	29	0	0	0	0	0	32	61	6,10	32	0
	3	0	0	0	19	0	0	0	0	0	12	31	3,10	19	0
Okt	1	0	0	0	97	0	0	0	0	0	124	221	22,10	124	0
	2	7	0	0	119	0	0	0	0	0	17	143	14,30	119	0
	3	0	63	0	12	0	5	0	0	0	28	108	10,80	63	0
Nov	1	6	128	0	181	75	0	0	0	0	7	397	39,70	181	0
	2	0	199	0	12	33	0	0	0	0	48	292	29,20	199	0
	3	0	86	61	39	44	15	15	0	34	25	319	31,90	86	0
Des	1	47	84	0	178	92	6	55	60	35	69	626	62,60	178	0
	2	49	235	62	150	195	99	96	180	142	188	1396	139,60	235	49
	3	153	141	97	92	85	116	39	141	92	148	1104	110,40	153	39
		1761	2256	1757	3418	2071	1902	1997	1821	1470	2378	20831	2083,10	3418	1470

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.22

Data Curah Hujan Stasiun Hujan Randupitu (Stasiun Hujan 4)

Bulan	Periode	Tahun										Total (mm)	Rerata (mm)	Max (mm)	Min (mm)
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016				
Jan	1	5	95	63	228	120	241	124	124	42	9	1051	105,10	241	5
	2	46	85	99	205	117	87	65	65	159	18	946	94,60	205	18
	3	138	131	241	172	173	158	113	113	99	65	1403	140,30	241	65
Feb	1	173	220	106	312	48	399	45	45	127	241	1716	171,60	399	45
	2	80	79	71	194	102	69	146	146	58	124	1069	106,90	194	58
	3	64	79	212	52	72	139	126	126	32	139	1041	104,10	212	32
Mar	1	118	214	226	112	192	39	172	172	102	180	1527	152,70	226	39
	2	124	53	0	84	67	76	236	236	193	80	1149	114,90	236	0
	3	116	139	62	48	199	35	144	144	42	56	985	98,50	199	35
Apr	1	41	107	112	221	214	144	52	52	63	47	1053	105,30	221	41
	2	34	2	4	183	215	0	174	174	9	150	945	94,50	215	0
	3	11	9	10	241	25	34	73	73	141	11	628	62,80	241	9
Mei	1	0	32	23	48	165	13	17	17	89	50	454	45,40	165	0
	2	161	0	113	265	31	37	34	34	0	21	696	69,60	265	0
	3	83	5	75	17	0	14	49	49	4	98	394	39,40	98	0
Jun	1	38	0	4	7	0	5	158	158	0	5	375	37,50	158	0
	2	22	0	7	29	0	49	246	246	0	50	649	64,90	246	0
	3	0	0	0	0	19	0	96	96	0	127	338	33,80	127	0
Jul	1	48	0	0	47	0	0	17	17	0	46	175	17,50	48	0
	2	6	0	0	7	25	0	32	32	0	75	177	17,70	75	0
	3	0	0	0	31	0	0	0	0	0	25	56	5,60	31	0
Agt	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0,50	5	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
	3	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	26	2,60	26	0
Sep	1	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	60	6,00	60	0
	2	0	0	0	56	0	0	0	0	0	32	88	8,80	56	0
	3	0	0	0	20	0	0	0	0	0	26	46	4,60	26	0
Okt	1	0	0	0	77	0	0	0	0	0	96	173	17,30	96	0
	2	0	0	0	48	0	0	0	0	0	15	63	6,30	48	0
	3	0	26	0	40	0	4	0	0	0	71	141	14,10	71	0
Nov	1	11	55	0	134	143	22	0	0	5	5	375	37,50	143	0
	2	13	131	0	0	56	0	86	86	0	29	401	40,10	131	0
	3	0	124	47	44	66	14	176	176	67	27	741	74,10	176	0
Des	1	35	89	0	366	60	89	55	55	45	91	885	88,50	366	0
	2	50	188	15	135	101	100	223	223	137	159	1331	133,10	223	15
	3	146	71	148	71	102	135	22	22	126	50	893	89,30	148	22
Total (mm)		1563	1934	1638	3585	2312	1903	2681	2681	1540	2218	22055	2205,50	3585	1540

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.23  
Data Curah Hujan Stasiun Hujan Winong (Stasiun Hujan 5)

Bulan	Periode	Tahun										Total (mm)	Rerata (mm)	Max (mm)	Min (mm)
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016				
Jan	1	3	79	131	217	167	237	72	72	66	11	1055	105,50	237	3
	2	62	32	152	281	131	105	92	92	192	56	1195	119,50	281	32
	3	62	262	240	152	115	143	149	149	113	126	1511	151,10	262	62
Feb	1	91	241	110	228	98	349	140	140	243	147	1787	178,70	349	91
	2	57	81	42	173	97	48	164	164	104	179	1109	110,90	179	42
	3	47	112	245	30	96	141	144	144	40	162	1161	116,10	245	30
Mar	1	69	321	201	129	129	122	158	158	104	118	1509	150,90	321	69
	2	101	17	25	108	120	63	155	155	156	123	1023	102,30	156	17
	3	56	75	76	118	186	115	162	162	56	61	1067	106,70	186	56
Apr	1	74	64	75	173	246	161	71	71	70	84	1089	108,90	246	64
	2	29	3	29	243	162	10	167	167	30	154	994	99,40	243	3
	3	17	5	8	177	98	36	30	30	125	28	554	55,40	177	5
Mei	1	0	136	38	98	128	33	8	8	81	72	602	60,20	136	0
	2	59	2	126	190	24	43	78	78	0	31	631	63,10	190	0
	3	40	2	94	34	0	20	78	78	4	157	507	50,70	157	0
Jun	1	27	0	2	34	0	10	132	132	0	10	347	34,70	132	0
	2	2	5	10	43	0	75	239	239	0	30	643	64,30	239	0
	3	0	0	0	0	89	0	140	140	0	162	531	53,10	162	0
Jul	1	5	0	1	21	0	0	32	32	0	102	193	19,30	102	0
	2	0	0	0	0	33	0	55	55	0	26	169	16,90	55	0
	3	0	0	0	33	0	0	0	0	0	37	70	7,00	37	0
Agt	1	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	5	0,50	3	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,10	1	0
	3	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	23	2,30	23	0
Sep	1	1	0	0	69	0	0	0	0	0	0	70	7,00	69	0
	2	0	5	0	105	9	0	0	0	0	49	168	16,80	105	0
	3	0	0	0	9	0	0	0	0	0	42	51	5,10	42	0
Okt	1	3	0	0	99	0	0	0	0	0	195	297	29,70	195	0
	2	0	0	0	25	0	0	0	0	0	38	63	6,30	38	0
	3	0	16	0	44	0	0	0	0	0	49	109	10,90	49	0
Nov	1	4	43	1	147	239	0	0	0	10	30	474	47,40	239	0
	2	6	108	0	0	350	0	86	86	0	132	768	76,80	350	0
	3	2	55	109	24	144	40	115	115	43	73	720	72,00	144	2
Des	1	15	65	8	374	124	60	65	65	134	124	1034	103,40	374	8
	2	25	194	6	135	164	208	271	271	246	175	1695	169,50	271	6
	3	76	73	147	103	199	145	18	18	67	100	946	94,60	199	18
Total (mm)		936	1996	1876	3642	3148	2164	2821	2821	1884	2883	24171	2417,10	3642	936

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Tabel 4.24  
Curah Hujan Rerata Daerah Irigasi Tanggul

Bulan	Periode	Tahun									
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Jan	1	13	114	86	236	88	282	90	153	53	16
	2	39	54	116	239	141	122	121	70	162	16
	3	146	115	212	208	131	183	116	118	116	87
Feb	1	177	223	97	236	61	290	66	125	176	194
	2	61	83	59	165	69	57	166	129	69	129
	3	70	107	187	54	99	109	140	133	24	127
Mar	1	110	199	251	119	207	64	156	128	106	89
	2	138	39	45	81	87	82	184	145	153	80
	3	110	103	42	68	165	54	122	110	33	95
Apr	1	48	94	53	137	137	128	67	38	55	62
	2	72	3	7	178	164	2	163	140	47	154
	3	15	14	39	172	42	41	59	58	117	16
Mei	1	0	61	22	54	144	36	18	23	87	32
	2	97	1	89	279	42	54	56	36	9	43
	3	45	5	91	35	0	7	61	48	26	110
Jun	1	21	0	27	15	0	6	176	82	0	11
	2	19	1	19	31	0	45	187	130	0	22
	3	0	0	0	0	28	0	78	52	0	133
Jul	1	30	0	0	95	0	0	20	14	0	45
	2	2	0	0	2	15	0	39	27	0	42
	3	0	0	1	39	0	0	0	0	0	41
Agt	1	15	0	0	2	0	0	0	0	0	2
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	3	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0
Sep	1	0	0	0	58	0	0	0	0	0	1
	2	0	1	0	51	2	0	0	0	0	29
	3	0	0	0	19	0	0	0	0	0	19
Okt	1	1	0	0	89	0	0	0	0	0	117
	2	3	0	0	67	0	0	0	0	0	21
	3	0	25	0	28	0	2	0	0	0	37
Nov	1	5	85	0	163	135	10	0	0	3	12
	2	5	146	0	5	97	0	83	54	0	63
	3	0	90	59	31	68	14	137	93	41	36
Des	1	29	70	2	282	92	55	57	66	62	88
	2	52	209	27	134	132	135	186	180	154	200
	3	128	88	135	87	141	138	25	81	98	88
Curah Hujan Daerah (mm)		1452	1931	1664	3482	2285	1916	2573	2234	1591	2262

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode rerata aljabar pada Tabel 4.20, curah hujan daerah selama 10 tahun terakhir dari tahun 2007 sampai dengan tahun 2016 distribusi curah hujan mengalami perubahan tiap tahun. Pada tahun 2007, curah hujan daerah cenderung rendah berkisar 1452 mm. Sedangkan pada tahun 2010 curah hujan daerah tertinggi yaitu 3482 mm.

### 4.3. Curah Hujan Andalan dan Curah Hujan Efektif

Besarnya curah hujan dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air pertanian sehingga dapat memperkecil debit yang diperlukan dari pintu pengambilan. Jumlah curah hujan yang turun tidak semuanya dapat dimanfaatkan untuk tanaman dalam pertumbuhannya. Oleh karena itu, perlu memperhitungkan curah hujan yang kemungkinan terpenuhi dengan peluang kejadian tertentu dan ditentukan curah hujan yang efektif untuk pertumbuhan tanaman.

Dasar perhitungan untuk menentukan curah hujan andalan dan curah hujan efektif yaitu menggunakan data curah hujan periode 10 harian (dari tahun 2007-2016) yang dirata-ratakan per bulan dari lima stasiun penakar hujan, yakni stasiun hujan Tanggul, stasiun hujan Bekacak, stasiun hujan Bangil, stasiun hujan Randupitu, dan stasiun hujan Winong dapat mewakili Daerah Irigasi Tanggul.

Langkah-langkah perhitungan curah hujan andalan menggunakan metode tahun dasar perencanaan (metode *basic year*) adalah sebagai berikut:

1. Curah hujan rerata daerah diurutkan mulai dari yang terkecil sampai yang terbesar.
2. Curah hujan andalan dengan probabilitas 80% ditentukan urutannya menggunakan rumus berikut ini. Dimana  $n$  merupakan jumlah tahun pengamatan data curah hujan yakni 10 tahun.

$$\begin{aligned} R_{80} &= \frac{10}{5} + 1 \\ &= 3 \text{ (tahun 2009)} \end{aligned}$$

Jadi, curah hujan andalan dengan probabilitas 80% untuk menentukan besarnya curah hujan efektif tanaman padi, palawija, dan tebu yang berada pada data urutan ke-3. Untuk selengkapnya perhitungan curah hujan andalan dijelaskan pada Tabel 4.25 berikut ini.

Tabel 4.25  
Probabilitas Curah Hujan Andalan

No	Tahun	Data Curah Hujan mm	Tahun Urut	Data Curah Hujan Urut mm	Keterangan
1	2007	1452	2007	1452	
2	2008	1931	2015	1591	
3	2009	1664	2009	1664	R 80%
4	2010	3482	2012	1916	
5	2011	2285	2008	1931	
6	2012	1916	2014	2234	
7	2013	2573	2016	2262	
8	2014	2234	2011	2285	
9	2015	1591	2013	2573	
10	2016	2262	2010	3482	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Setelah mendapatkan curah hujan andalan, maka perlu diperhitungkan dan dicari curah hujan efektifnya untuk setiap tanaman meliputi tanaman padi, tanaman palawija, dan tanaman tebu. Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman padi ditentukan dengan 70% dari curah hujan andalan 80% per periode waktu pengamatan. Sedangkan besarnya curah hujan efektif untuk tanaman tebu ditentukan dengan 60% dari curah hujan andalan 80% per periode waktu pengamatan.

Contoh perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman padi pada bulan Januari periode 1 dijelaskan berikut ini.

$$\begin{aligned}
 Re &= R_{80} \text{ 70\%} \\
 &= 86 \text{ 70\%} \\
 &= 60,06 \text{ mm (curah hujan efektif untuk tanaman padi per 10 harian)} \\
 &= \frac{60,06}{10} \\
 &= 6,006 \text{ mm/hari (curah hujan efektif untuk tanaman padi per hari)}
 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman tebu pada bulan Januari periode 1 dijelaskan berikut ini.

$$\begin{aligned}
 Re &= R_{80} \text{ 60\%} \\
 &= 86 \text{ 60\%} \\
 &= 51,48 \text{ mm (curah hujan efektif untuk tanaman padi per 10 harian)} \\
 &= \frac{51,48}{10} \\
 &= 5,148 \text{ mm/hari (curah hujan efektif untuk tanaman padi per hari)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman padi dan tebu dapat dilihat pada Tabel 4.26 berikut ini.

Tabel 4.26

Curah Hujan Efektif untuk Tanaman Padi dan Tebu

Bulan	Periode	$R_{80}$	$Re$ Padi		$Re$ Tebu	
		Mm	mm	mm/hari	mm	mm/hari
Jan	1	86	60,06	6,01	51,48	5,15
	2	116	81,20	8,12	69,60	6,96
	3	212	148,26	14,83	127,08	12,71
Feb	1	97	67,90	6,79	58,20	5,82
	2	59	41,02	4,10	35,16	3,52
	3	187	130,90	13,09	112,20	11,22
Mar	1	251	175,70	17,57	150,60	15,06
	2	45	31,22	3,12	26,76	2,68
	3	42	29,54	2,95	25,32	2,53
Apr	1	53	36,82	3,68	31,56	3,16
	2	7	5,18	0,52	4,44	0,44
	3	39	27,58	2,76	23,64	2,36
Mei	1	22	15,12	1,51	12,96	1,30
	2	89	62,30	6,23	53,40	5,34
	3	91	63,56	6,36	54,48	5,45
Jun	1	27	18,76	1,88	16,08	1,61
	2	19	13,02	1,30	11,16	1,12
	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Jul	1	0	0,14	0,01	0,12	0,01
	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	1	0,56	0,06	0,48	0,05
Agt	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Sep	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Okt	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Nov	1	0	0,14	0,01	0,12	0,01
	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	59	41,02	4,10	35,16	3,52
Des	1	2	1,12	0,11	0,96	0,10
	2	27	19,18	1,92	16,44	1,64
	3	135	94,50	9,45	81,00	8,10

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman palawija ditentukan 50% dari curah hujan andalan 80% yang dihubungkan dengan evapotranspirasi rata-rata bulanan pada Tabel 4.23 berikut ini.

Tabel 4.27

Curah Hujan Efektif Rata-rata Bulanan dikaitkan dengan *ET<sub>o</sub>* Rata-rata Bulanan dan Curah Hujan Rata-rata Bulanan (USDA (SCS,1696)

Curah Hujan Bulanan (mm) Eto	50	62,5	75	87,5	100	112,5	125	137,5	150	162,5	175	187,5	200
25													
50	32	39	46										
75	34	41	48	56	62	69							
100	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
125	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120	
150	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	127	133
175	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141
200	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150
225	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150	159
250	50	50	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167

Sumber: Standart Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01) Lampiran II, 2013:176

Curah hujan efektif untuk tanaman palawija dihitung dari 50% dari curah hujan andalan 80% per periode 10 harian yang dijadikan curah hujan bulanan, kemudian dihubungkan dengan interpolasi pada tabel evapotranspirasi rata-rata bulanan yang tercantum pada Standart Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01) seperti contoh perhitungan berikut.

Contoh perhitungan pada bulan Januari, periode 1:

- $Re = R_{80} 50\%$   
 $= 206 50\%$   
 $= 42,90 \text{ mm}$  (curah hujan efektif untuk tanaman palawija per 10 harian)
- Curah hujan efektif bulanan =  $Re \text{ periode 1} + Re \text{ periode 2} + Re \text{ periode 3}$   
 $= 42,9 \text{ mm} + 58 \text{ mm} + 29,3 \text{ mm}$   
 $= 206,8 \text{ mm}$

Curah hujan efektif bulanan dihubungkan dengan tabel evapotranspirasi rata-rata bulanan yang tersedia di KP.

- $Re = \frac{206,8}{31}$   
 $= 6,671 \text{ mm/hari}$  (curah hujan efektif untuk tanaman palawija per hari)

Untuk perhitungan selengkapnya akan dibahas pada tabel 4.24 dibawah ini.



Tabel 4.28  
Curah Hujan Efektif untuk Tanaman Palawija

Bulan	Periode	$R_{80}$ mm	$R_{80} \times 50\%$ mm/periode	$Re$ mm/bulan	$Eto$ mm/bulan	$Re$ Palawija mm/bulan	$Re$ Palawija mm/hari
Jan	1	86	42,9				
	2	116	58,0	206,8	111,3	206,8	6,671
	3	212	105,9				
Feb	1	97	48,5				
	2	59	29,3	171,3	101,4	34,5	1,150
	3	187	93,5				
Mar	1	251	125,5				
	2	45	22,3	168,9	118,2	94,5	3,047
	3	42	21,1				
Apr	1	53	26,3				
	2	7	3,7	49,7	97,3	34,7	1,157
	3	39	19,7				
Mei	1	22	10,8				
	2	89	44,5	100,7	105,8	66,7	2,152
	3	91	45,4				
Jun	1	27	13,4				
	2	19	9,3	22,7	102,1	17,2	0,575
	3	0	0,0				
Jul	1	0	0,1				
	2	0	0,0	0,5	119,2	0,4	0,013
	3	1	0,4				
Agt	1	0	0,0				
	2	0	0,0	0,0	153,6	0,0	0,000
	3	0	0,0				
Sep	1	0	0,0				
	2	0	0,0	0,0	196,7	0,0	0,000
	3	0	0,0				
Okt	1	0	0,0				
	2	0	0,0	0,0	193,7	0,0	0,000
	3	0	0,0				
Nov	1	0	0,1				
	2	0	0,0	29,4	146,2	24,4	0,812
	3	59	29,3				
Des	1	2	0,8				
	2	27	13,7	82,0	105,1	56,4	1,821
	3	135	67,5				

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Rekapitulasi perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman padi, palawija, dan tebu disajikan pada Tabel 4.25 dibawah ini.

Tabel 4.29  
Rekapitulasi Curah Hujan Efektif untuk Tanaman

Bulan	Periode	$R_{80}$	$Re$ (mm/hari)		
		mm	Padi	Palawija	Tebu
Jan	1	86	6,006	6,671	5,148
	2	116	8,120	6,671	6,960
	3	212	14,826	6,671	12,708
Feb	1	97	6,790	1,150	5,820
	2	59	4,102	1,150	3,516
	3	187	13,090	1,150	11,220
Mar	1	251	17,570	3,047	15,060
	2	45	3,122	3,047	2,676
	3	42	2,954	3,047	2,532
Apr	1	53	3,682	1,157	3,156
	2	7	0,518	1,157	0,444
	3	39	2,758	1,157	2,364
Mei	1	22	1,512	2,152	1,296
	2	89	6,230	2,152	5,340
	3	91	6,356	2,152	5,448
Jun	1	27	1,876	0,575	1,608
	2	19	1,302	0,575	1,116
	3	0	0,000	0,575	0,000
Jul	1	0	0,014	0,013	0,012
	2	0	0,000	0,013	0,000
	3	1	0,056	0,013	0,048
Agt	1	0	0,000	0,000	0,000
	2	0	0,000	0,000	0,000
	3	0	0,000	0,000	0,000
Sep	1	0	0,000	0,000	0,000
	2	0	0,000	0,000	0,000
	3	0	0,000	0,000	0,000
Okt	1	0	0,000	0,000	0,000
	2	0	0,000	0,000	0,000
	3	0	0,000	0,000	0,000
Nov	1	0	0,014	0,812	0,012
	2	0	0,000	0,812	0,000
	3	59	4,102	0,812	3,516
Des	1	2	0,112	1,821	0,096
	2	27	1,918	1,821	1,644
	3	135	9,450	1,821	8,100

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

#### 4.4. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi merupakan faktor dasar untuk menentukan kebutuhan air dalam rencana irigasi dan merupakan proses yang penting dalam siklus hidrologi. Perhitungan evapotranspirasi potensial menggunakan metode Penman Modifikasi sesuai yang ditetapkan oleh Standar Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01) dan *Food and Agriculture Organization* (FAO). Metode ini mempunyai parameter lebih banyak sehingga dianggap paling efektif. Dalam perhitungan evapotranspirasi potensial membutuhkan data klimatologi seperti kelembapan udara, kecepatan angin, lama penyinaran matahari, serta temperatur udara. Data klimatologi yang digunakan adalah data klimatologi bulanan selama 10 tahun terakhir (2007-2016). Data ini diperoleh dari stasiun meteorologi terdekat yang datanya bisa digunakan yaitu stasiun meteorologi Karang Ploso. Data klimatologi tersebut dijelaskan berikut ini.

Tabel 4.30

Rekapitulasi Data Rerata Klimatologi Tahun 2007-2016

Bulan	Data Rerata Iklim				
	Temperatur °C	Kelembapan Relatif %	Kecepatan Angin km/jam    m/detik		Kecerahan Matahari %
Januari	24,080	91,116	6,254	1,737	19,646
Februari	24,160	91,387	6,361	1,767	20,019
Maret	24,230	90,853	5,506	1,530	27,944
April	24,330	89,996	5,988	1,663	36,952
Mei	24,440	87,116	7,431	2,064	46,696
Juni	24,560	86,005	6,933	1,926	52,020
Juli	24,670	82,573	8,106	2,252	56,375
Agustus	24,810	77,759	7,614	2,115	62,354
September	24,640	72,077	8,839	2,455	68,776
Oktober	24,340	76,012	7,896	2,193	63,496
November	24,120	84,277	5,900	1,639	45,293
Desember	24,060	90,359	4,567	1,269	16,428

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Prosedur perhitungan evapotranspirasi potensial pada bulan Januari sebagai berikut:

Diketahui:

Data klimatologi pada bulan Januari

Lokasi = 7,63° LS

Temperatur udara = 24,080 °C

Kelembapan relatif = 91,116 %

Kecepatan angin = 6,254 km/jam

$$= \frac{6,254 \cdot 1000}{3600}$$

$$= 1,737 \text{ m/detik}$$

Kecerahan matahari = 19,646 %

Langkah-langkah perhitungan evapotranspirasi potensial menggunakan rumus Penman Modifikasi seperti berikut ini.

1. Mencari harga tekanan uap jenuh ( $\epsilon a$ ), harga faktor ( $w$ ) dan harga  $f(t)$  koreksi akibat temperatur ( $t$ ).

Berdasarkan data klimatologi yang telah diketahui, temperatur ( $t$ ) = 24,080 °C didapatkan:

$$\epsilon a = 29,99 \text{ mbar}$$

$$w = 0,736 \text{ mbar}$$

$$f(t) = 15,42$$

Data-data tersebut didapatkan dari Tabel 2.7.

2. Berdasarkan letak lintang daerah studi, nilai  $R_a$  dapat dicari dari Tabel 2.8 dengan cara interpolasi untuk letak lokasi 7,63° LS, besaran nilai radiasi gelombang pendek ( $R_a$ ) adalah 15,950 mm/hari.
3. Dari data kecerahan matahari ( $n/N$ ) dan nilai radiasi gelombang pendek ( $R_a$ ) yang telah didapatkan, nilai radiasi gelombang pendek yang diterima bumi ( $R_s$ ) dihitung dengan rumus berikut ini.

$$R_s = (0,25 + 0,54n/N)R_a$$

$$= (0,25 + 0,54 \cdot 19,65\%) \cdot 15,95$$

$$= 5,68 \text{ mm/hari}$$

4. Berdasarkan nilai tekanan uap jenuh ( $\epsilon a$ ) dan kelembapan relatif ( $RH$ ) diperoleh nilai harga tekanan uap sebenarnya ( $\epsilon d$ ) dengan persamaan berikut ini.

$$\epsilon d = \epsilon a \cdot RH$$

$$= 29,99 \cdot 91,116\%$$

$$= 27,33 \text{ mbar}$$

5. Berdasarkan harga tekanan uap sebenarnya ( $\epsilon d$ ), perhitungan nilai fungsi tekanan uap  $f(\epsilon d)$  dapat diperoleh dengan rumus berikut.

$$f(\epsilon d) = 0,34 - (0,044 \cdot \epsilon d^{0,5})$$

$$= 0,34 - (0,044 \cdot 27,33^{0,5})$$

$$= 0,11$$

6. Menghitung harga fungsi kecerahan matahari  $f(n/N)$  dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 f(n/N) &= 0,1 + 0,9 \cdot (n/N) \\
 &= 0,1 + 0,9 \cdot 19,646 \% \\
 &= 0,28
 \end{aligned}$$

7. Dari hasil perhitungan nilai  $f(t)$ , nilai  $f(ed)$ , dan nilai  $f(n/N)$  dihitung nilai  $R_{nl}$  dengan rumus  $R_{nl} = f(t) \cdot f(ed) \cdot f(n/N)$

$$\begin{aligned}
 &= 15,42 \cdot 0,11 \cdot 0,28 \\
 &= 0,47
 \end{aligned}$$

8. Dari data kecepatan angin rerata ( $U$ ) dicari harga fungsi kecepatan angin  $f(u)$  dengan

$$\begin{aligned}
 f(u) &= 0,27 (1 + 0,864 U) \\
 &= 0,27 (1 + 0,864 \cdot 1,737) \\
 &= 0,68
 \end{aligned}$$

9. Berdasarkan nilai  $w$ ,  $(1-w)$ ,  $R_s$ ,  $R_{nl}$ ,  $f(u)$ ,  $ea$  dan  $ed$  yang telah diperoleh, hitung nilai evapotranspirasi ( $ET_o^*$ ) dengan rumus di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 ET_o^* &= w \cdot (0,75 R_s - R_{nl}) + (1 - w) \cdot F(u) (ea - ed) \\
 &= 3,26
 \end{aligned}$$

10. Menghitung besar angka koreksi ( $c$ ) dari Tabel 2.3 yang diperoleh faktor angka koreksi sebesar 1,10.

11. Menghitung nilai evapotranspirasi potensial ( $ET_o$ ) dengan rumus dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 ET_o &= c \cdot ET_o^* \\
 &= 1,10 \cdot 3,26 \\
 &= 3,59 \text{ mm/hari} \\
 &= 35,91 \text{ mm/bulan}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, disajikan pada Tabel 4.31 sebagai berikut.



Tabel 4.31  
Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

Parameter	Satuan	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Data													
1. Temperatur, t	°C	24,08	24,16	24,23	24,33	24,44	24,56	24,67	24,81	24,64	24,34	24,12	24,06
2. Kelembaban relatif, RH	%	91,12	91,39	90,85	90,00	87,12	86,00	82,57	77,76	72,08	76,01	84,28	90,36
3. Lama penyinaran matahari, n/N	%	19,65	20,02	27,94	36,95	46,70	52,02	56,37	62,35	68,78	63,50	45,29	16,43
4. Kecepatan angin, u	km/jam	6,25	6,36	5,51	5,99	7,43	6,93	8,11	7,61	8,84	7,90	5,90	4,57
	m/dt	1,74	1,77	1,53	1,66	2,06	1,93	2,25	2,11	2,46	2,19	1,64	1,27
Perhitungan													
1. w	mbar	0,736	0,737	0,737	0,738	0,739	0,741	0,742	0,743	0,741	0,738	0,736	0,736
2. Angka angot, Ra	mm/hr	15,950	16,050	15,550	14,550	13,250	12,600	12,900	13,850	14,950	15,750	15,750	15,850
3. Radiasi gel. Pendek, Rs	mm/hr	5,68	5,75	6,23	6,54	6,65	6,69	7,15	8,13	9,29	9,34	7,79	5,37
4. Fungsi suhu, f(t)		15,42	15,44	15,45	15,47	15,50	15,53	15,55	15,58	15,55	15,48	15,43	15,41
5. Tekanan uap jenuh, ea	mbar	29,99	30,14	30,27	30,45	30,65	30,88	31,08	31,34	31,02	30,47	30,07	29,96
6. Tekanan uap nyata, ed	mbar	27,33	27,54	27,50	27,41	26,71	26,56	25,66	24,37	22,36	23,16	25,34	27,07
7. Fungsi tekanan uap, f(ed)		0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,12	0,11
8. Fungsi kecerahan matahari, f(n/N)		0,28	0,28	0,35	0,43	0,52	0,57	0,61	0,66	0,72	0,67	0,51	0,25
9. Radiasi gel. panjang, Rn1		0,47	0,47	0,59	0,73	0,91	1,00	1,11	1,27	1,47	1,33	0,93	0,42
10. Fungsi angin, f(u)	m/dt	0,68	0,68	0,63	0,66	0,75	0,72	0,80	0,76	0,84	0,78	0,65	0,57
11. Evapotranspirasi, Eto*	mm/hr	3,26	3,29	3,47	3,60	3,79	3,78	4,27	4,96	5,96	5,68	4,43	3,08
12. Angka koreksi, c		1,10	1,10	1,10	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,10	1,10
13. Evapotranspirasi potensial, Eto	mm/hr	3,59	3,62	3,81	3,24	3,41	3,40	3,84	4,96	6,56	6,25	4,87	3,39
14. Evapotranspirasi potensial, Eto	mm/bln	111,311	101,462	118,175	97,321	105,790	102,109	119,151	153,617	196,687	193,749	146,232	105,091

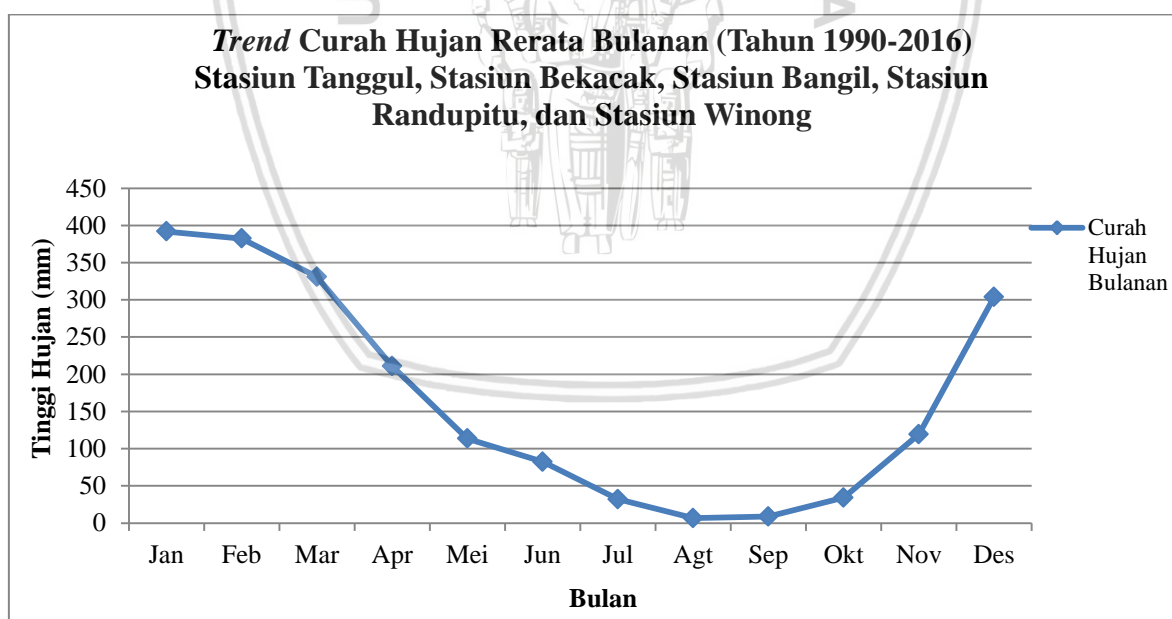
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

#### 4.5. Klasifikasi Iklim *Oldeman*

Perubahan pola curah hujan di Daerah Irigasi Tanggul diikuti pergeseran rentang panjang musim dan awal musim. Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (2014) menyebutkan pertanda dimulainya musim hujan berdasarkan jumlah rerata curah hujan bulanan  $\pm 30$  tahun sama atau lebih dari 150 mm/bulan diikuti bulan berikutnya dengan presentase kejadian lebih dari 50%. Dimana musim penghujan dimulai pada bulan Desember-April. Musim penghujan cenderung mundur 60 hari (2 bulan) dari awal terjadinya musim penghujan pada bulan Oktober-Maret.

Adanya pergeseran musim penghujan diikuti pula pergeseran musim kemarau. Rentang musim kemarau terjadi pada bulan April-September. Awal musim kemarau ditentukan jika besarnya curah hujan bulanan  $\pm 30$  tahun kurang dari 150 mm/bulan diikuti bulan berikutnya dengan presentase kejadian lebih dari 50%. Musim kemarau bergeser 30 hari (1 bulan). Musim kemarau terjadi pada bulan Mei-November.

Daerah Irigasi Tanggul memiliki musim kemarau (Mei-November) yang berlangsung lebih panjang dan musim hujan (Desember-April) yang cenderung singkat. Hal ini disebabkan letak geografis wilayah yang lebih jauh dari garis ekuator ke arah selatan dan tenggara. Hal ini dijelaskan pada gambar berikut ini.



Gambar 4.8 Trend curah hujan rerata bulanan tahun 1990-2016

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Selain itu, untuk mengetahui akibat adanya pergeseran musim terhadap perubahan iklim, perlu adanya klasifikasi iklim di Daerah Irigasi Tanggul. Klasifikasi iklim ini menggunakan metode *Oldeman*. *Oldeman* memakai unsur curah hujan sebagai dasar klasifikasi iklim. Berikut ini penyelesaian klasifikasi iklim metode *Oldeman*.

Tabel 4.32  
Klasifikasi Iklim Metode *Oldeman* Tahun 1990-2016

Tahun	Bulan												Total	BBB	BKB
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des			
1990	327	305	297	124	179	53	0	0	0	0	10	508	1803	4	6
1991	509	407	146	364	32	2	0	0	0	0	60	173	1694	2	7
1992	436	231	224	238	119	6	6	27	12	29	63	278	1670	5	6
1993	294	278	84	145	111	83	3	8	0	0	53	247	1306	3	6
1994	533	379	628	167	7	0	0	0	0	0	12	177	1902	3	7
1995	477	379	375	251	22	147	48	0	0	6	201	194	2101	5	4
1996	328	258	205	167	19	3	10	0	0	11	111	382	1495	4	6
1997	411	422	159	139	86	23	0	0	0	0	0	184	1424	2	7
1998	226	496	464	285	132	232	238	8	23	135	284	513	3036	6	2
1999	538	385	335	327	90	252	7	0	0	30	183	376	2523	5	4
2000	381	293	336	250	122	26	3	0	0	190	217	309	2128	6	4
2001	325	629	292	248	41	195	77	1	1	78	170	267	2324	5	4
2002	559	391	445	208	123	13	1	0	0	0	6	214	1960	5	6
2003	438	514	397	18	184	1	1	0	0	9	154	214	1930	4	5
2004	362	413	540	44	53	9	8	24	20	0	64	230	1767	4	8
2005	289	256	302	313	51	87	59	20	0	13	159	446	1995	5	6
2006	428	523	327	95	96	0	0	0	0	0	2	273	1743	4	8
2007	198	308	358	140	142	40	32	15	0	4	11	209	1455	2	6
2008	283	413	342	111	68	1	0	0	1	27	321	367	1933	5	6
2009	414	343	338	99	201	45	1	0	0	0	59	164	1664	3	5
2010	682	455	268	487	368	46	136	26	127	185	199	502	3482	6	0
2011	360	229	458	343	186	28	15	0	2	0	300	377	2298	6	5
2012	587	457	201	171	96	51	0	0	0	2	23	329	1916	4	7
2013	327	372	462	289	135	441	59	0	0	0	220	268	2573	6	4
2014	341	387	383	236	107	264	41	0	0	0	147	327	2234	5	4
2015	331	269	292	219	122	0	0	0	0	0	44	314	1591	5	6
2016	196	530	275	219	174	177	118	48	49	200	148	359	2493	3	2
Jumlah														117	141
Rata-rata														4	5

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

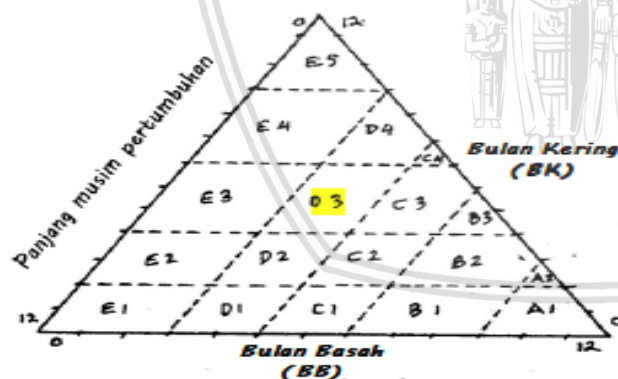
Contoh perhitungan:

1. Jumlah curah hujan bulanan ditentukan tingkat kebasahannya menurut Oldeman.

Ada 2 tipe klasifikasi Oldeman:

- Bulan Basah Berurutan (BBB) = jumlah curah hujan bulanan lebih besar dari 200 mm, curah hujan sebesar 200 mm/bulan dipandang optimal untuk membudidayakan tanaman padi selama satu musim. Misalnya tahun 1990 terdapat 4 bulan basah berurutan.

- Bulan Kering Berurutan (BKB) = jumlah curah hujan bulanan lebih kecil dari 100 mm, curah hujan sebesar 100 mm/bulan dipandang cukup untuk membudidayakan tanaman palawija. Misalnya tahun 1990 terdapat 6 bulan kering berurutan.
2. Mencari nilai rata-rata Bulan Basah Berurutan (BBB) dan Bulan Kering Berurutan (BKB). Pada analisis klasifikasi iklim Daerah Irigasi Tanggul berdasarkan pengamatan tahun 1990-2016 diperoleh Bulan Basah Berurutan (BBB) sebesar 4 dan Bulan Kering Berurutan (BKB) adalah 5.
  3. Mengelompokkan Bulan Basah Berurutan (BBB) dan Bulan Kering Berurutan (BKB) menurut daerah agroklimate Oldeman. Jika terdapat kurang dari 2 bulan kering, petani dengan mudah mengatasinya karena tanah cukup lembab. Jika periode bulan kering antara 2 dan 4, maka petani harus hati-hati dalam menanam tanaman. Periode 5 sampai 6 bulan kering berurutan dipandang sangat lama jika irigasi tambahan tidak tersedia. Sedangkan jika kurang dari 3 bulan basah berurutan, maka tidak dapat menanam padi tanpa irigasi tambahan. Jika periode 5 bulan basah berurutan dapat menanam padi selama satu musim. Jika lebih dari 9 bulan basah berurutan maka petani dapat menanam padi sebanyak 2 kali musim tanam.
  4. Pada analisis klasifikasi iklim Daerah Irigasi Tanggul berdasarkan pengamatan tahun 1990-2016 diperoleh daerah agroklimate D3 pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.9 Segitiga agroklimate Oldeman

Sumber: Tjasyono, 2004:156

Jadi, penjabaran daerah agroklimate D3 yaitu periode 5 bulan kering berurutan dipandang sangat lama jika irigasi tambahan tidak tersedia maka petani harus berhati-hati dalam menanam tanaman, tergantung dari persediaan air irigasi berlebih atau berkurang. Oleh karena itu, perlu adanya optimasi pemanfaatan air irigasi di Daerah Irigasi Tanggul untuk menyesuaikan kebutuhan air irigasi dengan ketersediaan air yang ada.

#### 4.6. Uji Statistik Data Debit

##### 4.6.1. Uji Ketidakadaan *Trend*

Data debit sungai dari pos Tanggul yang akan dipakai diuji terlebih dahulu karakteristiknya menggunakan statistika agar teruji kualitasnya sebelum digunakan dalam analisis selanjutnya. Untuk mengetahui karakteristik ada tidaknya *trend* dapat dilakukan uji ketidakadaan *trend*. *Trend* diapandang sebagai korelasi antara waktu dengan variat dari suatu variabel hidrologi. Oleh karena itu, koefisien korelasinya dapat digunakan untuk menentukan ketidakadaan *trend* dari suatu deret berkala. Apabila menunjukkan adanya *trend* maka data debit tersebut tidak disarankan digunakan untuk beberapa analisis hidrologi, analisis hidrologi harus mengikuti garis *trend* yang dihasilkan. Berikut ini merupakan uji ketidakadaan *trend* korelasi peringkat metode *Spearman*.

Contoh perhitungan pada data debit pos Tanggul tahun 2007.

- Peringkat  $Tt$  merupakan data debit yang dirangking sesuai urutan tahun data. Tahun 2007 data debit menempati rangking ke-1.
- Peringkat  $Rt$  data debit per tahun yang diberi ranking data debit dari terbesar. Misal, tahun 2007, data debit  $0,496 \text{ m}^3/\text{dt}$  menempati rangking ke-10.
- $dt = \text{Peringkat } Rt - \text{Peringkat } Tt = 10 - 1 = 9$
- $dt^2 = 9^2 = 81$
- Dilakukan uji-t digunakan untuk menentukan apakah variabel waktu dan variabel hidrologi saling bergantung (*dependent*) atau bergantung (*independent*).

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n dt^2}{n^3 - n} = 1 - \frac{200}{10^3 - 10} = -0,212$$

$$t_{hitung} = KP \left[ \frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{0,5} = -0,212 \left[ \frac{10-2}{1-(-0,212)^2} \right]^{0,5} = -0,686$$

- Bandingkan nilai  $t_{hitung}$  terhadap  $t_{tabel}$

Pada pengujian dua sisi dengan derajat kepercayaan  $\alpha = 5\%$ , dimana  $d_k = n - 2 = 8$ , didapatkan  $t_{cr} = 2,365$ . Karena nilai  $-t_{cr} < t_{hitung} < t_{cr}$  sehingga nilai  $t$  terletak  $-2,365 < -0,686 < 2,365$ , maka tidak ada alasan untuk menolak hipotesa nol, bahwa dua seri data debit runtut waktu ( $Rt$  dan  $Tt$ ) adalah *independent* dan tidak menunjukkan adanya *trend*.

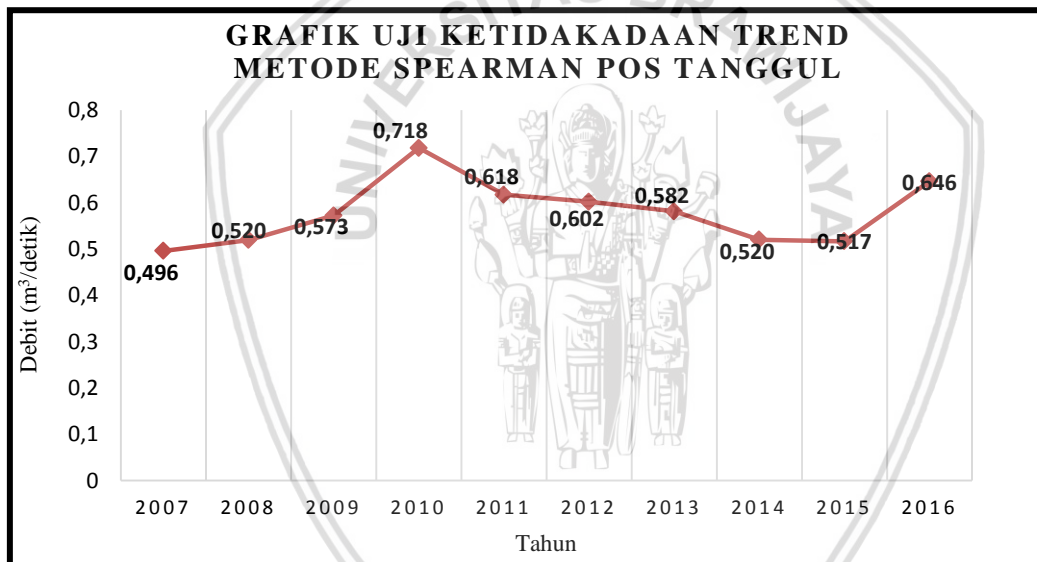


Tabel 4.33

Perhitungan Koefisien Korelasi Peringkat Metode Spearman Data Debit Pos Tanggul

No.	Tahun	Peringkat Tt	Debit (m <sup>3</sup> )	Peringkat Rt	dt	dt <sup>2</sup>
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]= [5]-[3]	[7]= [6].[6]
1	2007	1	0,496	10	9	81
2	2008	2	0,520	7	5	25
3	2009	3	0,573	6	3	9
4	2010	4	0,718	1	-3	9
5	2011	5	0,618	3	-2	4
6	2012	6	0,602	4	-2	4
7	2013	7	0,582	5	-2	4
8	2014	8	0,520	8	0	0
9	2015	9	0,517	9	0	0
10	2016	10	0,646	2	-8	64
Jumlah						200

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Gambar 4.10 Grafik uji ketidakadaan *trend* pos Tanggul

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

#### 4.6.2. Uji Stasioner

Uji stasioner dimaksudkan untuk menguji kestabilan nilai varian dan rata-rata dari deret berkala. Uji ini bertujuan mengetahui apakah data dari suatu deret berkala bersifat homogen atau tidak. Apabila deret data bersifat tidak homogen, maka artinya deret data tersebut dikatakan tidak stasioner.

##### a. Uji-F (Uji Kestabilan Varian)

Langkah-langkah perhitungan Uji-F adalah sebagai berikut:

1. Bagi deret data menjadi 2 kelompok

Tabel 4.34  
Data Debit Pos Tanggul Kelompok I

No.	Tahun	Debit (m <sup>3</sup> /dt)
1	2007	0,496
2	2008	0,520
3	2009	0,573
4	2010	0,718
5	2011	0,618
<b>Jumlah</b>		2,9
<b>N<sub>1</sub></b>		5
<b><math>\bar{X}_1</math></b>		0,6
<b>S<sub>1</sub></b>		0,1

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.35  
Data Debit Pos Tanggul Kelompok II

No.	Tahun	Debit (m <sup>3</sup> /dt)
1	2012	0,602
2	2013	0,582
3	2014	0,520
4	2015	0,517
5	2016	0,646
<b>Jumlah</b>		2,9
<b>N<sub>2</sub></b>		5
<b><math>\bar{X}_2</math></b>		0,6
<b>S<sub>2</sub></b>		0,1

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

2. Cari nilai  $F_{hitung}$  menggunakan persamaan:

$$F = \frac{N_1 \cdot S_1^2 \cdot (N_2 - 1)}{N_2 \cdot S_2^2 \cdot (N_1 - 1)} = \frac{5 \cdot 0,1^2 \cdot (5 - 1)}{5 \cdot 0,1^2 \cdot (5 - 1)} = 2,55$$

3. Bandingkan nilai  $F_{hitung}$  terhadap  $F_{cr}$

Pada pengujian dua sisi dengan derajat kepercayaan  $\alpha = 5\%$ , dimana  $dk_1 = N_1 - 1 = 4$ ,  $dk_2 = N_2 - 1 = 4$ , didapatkan  $F_{cr} = 6,39$ . Karena nilai  $F_{hitung} < F_{cr}$  sehingga nilai  $F$  terletak  $-6,39 < 2,55 < 6,39$ , maka tidak ada alasan untuk menolak hipotesa nol, bahwa nilai variannya stabil. Dengan kata lain, deret data berkala tersebut homogen.

#### b. Uji-t (Uji Kestabilan Rata-Rata)

Langkah-langkah perhitungan Uji-t adalah sebagai berikut:

1. Bagi deret data menjadi 2 kelompok

Tabel 4.36  
Data Debit Pos Tanggul Kelompok I

No.	Tahun	Debit (m <sup>3</sup> /dt)
1	2007	0,496
2	2008	0,520
3	2009	0,573
4	2010	0,718
5	2011	0,618
<b>Jumlah</b>		2,9
<b>N<sub>1</sub></b>		5
<b><math>\bar{X}_1</math></b>		0,6
<b>S<sub>1</sub></b>		0,1

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.37  
Data Debit Pos Tanggul Kelompok II

No.	Tahun	Debit (m <sup>3</sup> /dt)
1	2012	0,602
2	2013	0,582
3	2014	0,520
4	2015	0,517
5	2016	0,646
<b>Jumlah</b>		2,9
<b>N<sub>2</sub></b>		5
<b><math>\bar{X}_2</math></b>		0,6
<b>S<sub>2</sub></b>		0,1

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

2. Cari nilai  $\sigma$  menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{N_1 \cdot S_1^2 + N_2 \cdot S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} = \frac{5 \cdot 0,1^2 + 5 \cdot 0,1^2}{5 + 5 - 2} = 0,1$$

3. Cari nilai  $t_{hitung}$  menggunakan persamaan:

$$t_{hitung} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} = \frac{0,6 - 0,6}{0,1 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}} = 0,24$$

4. Bandingkan nilai  $t_{hitung}$  terhadap  $t_{cr}$

Pada pengujian dua sisi dengan derajat kepercayaan  $\alpha = 5\%$ , dimana  $d_k = N_1 + N_2 - 2 = 8$ , didapatkan  $t_{cr} = 2,35$ . Karena nilai  $-t_{cr} < t_{hitung} < t_{cr}$  sehingga nilai  $t$  terletak  $-2,365 < 0,24 < 2,365$ , maka tidak ada alasan untuk menolak hipotesa nol, bahwa nilai rata-ratanya stabil. Dengan kata lain, deret data berkala tersebut homogen.

### 2.6.3. Uji Persistensi

Persistensi merupakan ketidaktergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala data hidrologi runtut waktu. Anggapan bahwa data berasal dari sampel acak harus diuji. Untuk melakukan pengujian persistensi menggunakan besarnya koefisien korelasi serial. Berikut ini merupakan uji persistensi dengan metode *Spearman*.

Contoh perhitungan pada data debit pos Tanggul tahun 2007.

- Peringkat  $T_i$  merupakan data debit yang dirangking sesuai urutan tahun data. Tahun 2007 data debit menempati rangking ke-1.
- Peringkat  $R_i$  data debit per tahun yang diberi ranking data debit dari terbesar. Misal, tahun 2007, data debit  $0,496 \text{ m}^3/\text{dt}$  menempati rangking ke-10.
- $d_i = \text{Peringkat } R_i - \text{Peringkat } T_i = 10 - 1 = 9$
- $dt^2 = 9^2 = 81$
- Dilakukan uji-t digunakan untuk menentukan apakah variabel waktu dan variabel hidrologi saling bergantung (*dependent*) atau bergantung (*independent*).

$$KS = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^m dt^2}{m^3 - m} = 1 - \frac{200}{9^3 - 9} = -0,667$$

$$t_{hitung} = KS \left[ \frac{m-2}{1-KS^2} \right]^{0,5} = -0,667 \left[ \frac{9-2}{1-(-0,667)^2} \right]^{0,5} = -2,366$$

- f. Bandingkan nilai  $t_{hitung}$  terhadap  $t_{tabel}$

Pada pengujian satu sisi dengan derajat kepercayaan  $\alpha = 5\%$ , dimana  $d_k = m - 2 = 7$ , didapatkan  $t_{cr} = 1,895$ . Karena nilai  $t_{hitung} < t_{cr}$  sehingga nilai  $t$  terletak  $-2,366 < 1,895$ , maka tidak ada alasan untuk menolak hipotesa nol, bahwa dua seri data hujan runtut

waktu adalah *independent* dan tidak menunjukkan adanya persistensi sehingga data bersifat acak.

Tabel 4.38

Perhitungan Uji Persistensi Metode Spearman Data Debit Pos Tanggul

No.	Tahun	Peringkat Ti	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Peringkat Ri	di	di <sup>2</sup>
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]= [5]-[3]	[7]= [6].[6]
1	2007	1	0,496	10	9	81
2	2008	2	0,520	7	5	25
3	2009	3	0,573	6	3	9
4	2010	4	0,718	1	-3	9
5	2011	5	0,618	3	-2	4
6	2012	6	0,602	4	-2	4
7	2013	7	0,582	5	-2	4
8	2014	8	0,520	8	0	0
9	2015	9	0,517	9	0	0
10	2016	10	0,646	2	-8	64
Jumlah						200

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Rekapitulasi hasil perhitungan uji stastistik adalah sebagai berikut.

- tidak menunjukkan adanya *trend*
- stasioner, artinya varian dan rata-ratanya stabil/homogen
- bersifat acak, *independent*.

Maka deret berkala data debit runtut waktu dapat digunakan untuk analisis hidrologi selanjutnya.

#### 4.7. Debit Andalan untuk Ketersediaan Air

Dalam penyediaan air irigasi umumnya digunakan debit andalan untuk mengetahui ketersediaan air dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Besarnya debit andalan yang diambil untuk penyelesaian optimasi penggunaan air dilakukan dengan menggunakan metode tahun dasar (*basic year*). Metode ini biasanya dimanfaatkan dalam perencanaan atau pengelolaan irigasi.

Debit andalan yang direncanakan dengan peluang kemungkinan terpenuhi 80% dan 50%. Debit andalan 80% dianggap mewakili debit air rendah. Dalam praktek penyediaan air irigasi umumnya menggunakan debit andalan dengan tingkat keandalan 80%. Sedangkan debit andalan 50% yang dianggap mewakili debit air normal. Penentuan debit andalan dari data debit Kali Tanggul periode 10 harian dari tahun 2007 hingga 2016.

Langkah-langkah perhitungan debit andalan menggunakan metode tahun dasar perencanaan (metode *basic year*) adalah sebagai berikut:

1. Menghitung rerata debit dalam satu tahun
2. Jumlah data debit tahunan diurutkan dari yang terbesar sampai yang terkecil
3. Menghitung peluang resiko kegagalan yang telah diperhitungkan dari setiap debit andalan yang direncanakan menggunakan persamaan *Weibull* berikut ini.

$$P = \frac{m}{N+1} 100\%$$

dengan:

$P$  = probabilitas (%)

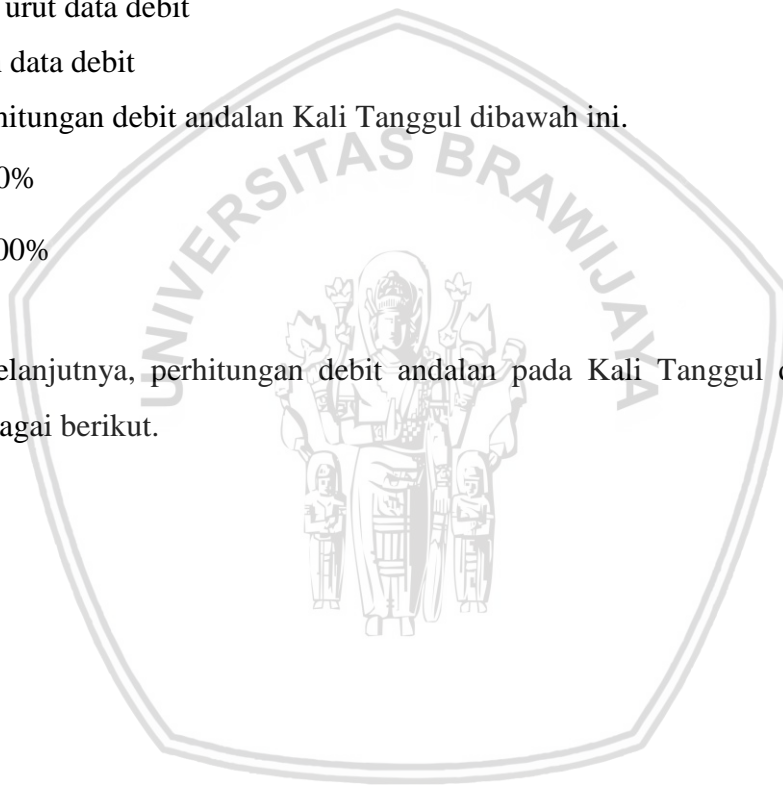
$m$  = nomor urut data debit

$N$  = jumlah data debit

Contoh perhitungan debit andalan Kali Tanggul dibawah ini.

$$\begin{aligned} P &= \frac{m}{N+1} 100\% \\ &= \frac{1}{10+1} 100\% \\ &= 9,09\% \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya, perhitungan debit andalan pada Kali Tanggul dijelaskan pada Tabel 4.39 sebagai berikut.





Tabel 4.39  
Data Debit di Kali Tanggul Periode 10 Harian

Bln	Period	Tahun										Rata	Max	Min
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
Jan	1	0,70	0,68	0,70	0,86	0,78	0,78	0,79	0,79	0,68	0,85	0,76	0,86	0,68
	2	0,71	0,67	0,70	0,86	0,78	0,78	0,79	0,78	0,68	0,84	0,76	0,86	0,67
	3	0,72	0,67	0,71	0,86	0,78	0,78	0,79	0,62	0,68	0,84	0,74	0,86	0,62
Feb	1	0,69	0,66	0,69	0,86	0,77	0,75	0,74	0,62	0,67	0,84	0,73	0,86	0,62
	2	0,69	0,66	0,69	0,83	0,77	0,74	0,73	0,61	0,67	0,84	0,72	0,84	0,61
	3	0,69	0,63	0,69	0,74	0,77	0,73	0,73	0,61	0,67	0,83	0,71	0,83	0,61
Mar	1	0,65	0,63	0,68	0,79	0,74	0,73	0,72	0,61	0,64	0,75	0,69	0,79	0,61
	2	0,64	0,62	0,68	0,79	0,74	0,73	0,72	0,61	0,64	0,75	0,69	0,79	0,61
	3	0,61	0,62	0,68	0,79	0,73	0,72	0,72	0,60	0,64	0,75	0,69	0,79	0,60
Apr	1	0,55	0,59	0,60	0,77	0,69	0,71	0,67	0,56	0,61	0,74	0,65	0,77	0,55
	2	0,54	0,57	0,65	0,76	0,68	0,70	0,65	0,55	0,61	0,74	0,65	0,76	0,54
	3	0,54	0,56	0,65	0,76	0,67	0,70	0,64	0,54	0,61	0,74	0,64	0,76	0,54
Mei	1	0,51	0,55	0,50	0,75	0,64	0,69	0,63	0,49	0,49	0,74	0,60	0,75	0,49
	2	0,51	0,55	0,51	0,75	0,63	0,69	0,63	0,49	0,48	0,74	0,60	0,75	0,48
	3	0,50	0,55	0,50	0,75	0,62	0,68	0,62	0,49	0,47	0,73	0,59	0,75	0,47
Jun	1	0,50	0,51	0,50	0,72	0,60	0,63	0,62	0,48	0,45	0,73	0,57	0,73	0,45
	2	0,48	0,50	0,50	0,72	0,60	0,63	0,62	0,47	0,45	0,73	0,57	0,73	0,45
	3	0,47	0,49	0,50	0,72	0,60	0,63	0,61	0,46	0,45	0,72	0,57	0,72	0,45
Jul	1	0,45	0,48	0,48	0,72	0,55	0,62	0,59	0,45	0,43	0,70	0,55	0,72	0,43
	2	0,45	0,45	0,48	0,72	0,54	0,60	0,58	0,43	0,43	0,68	0,54	0,72	0,43
	3	0,45	0,44	0,48	0,71	0,54	0,59	0,55	0,42	0,43	0,68	0,53	0,71	0,42
Agt	1	0,38	0,51	0,45	0,70	0,53	0,59	0,48	0,40	0,43	0,49	0,50	0,70	0,38
	2	0,39	0,48	0,45	0,64	0,53	0,52	0,47	0,40	0,43	0,49	0,48	0,64	0,39
	3	0,35	0,45	0,45	0,64	0,53	0,52	0,49	0,40	0,43	0,49	0,47	0,64	0,35
Sep	1	0,32	0,42	0,43	0,55	0,50	0,43	0,39	0,39	0,37	0,40	0,42	0,55	0,32
	2	0,32	0,41	0,50	0,55	0,50	0,43	0,39	0,38	0,38	0,40	0,43	0,55	0,32
	3	0,32	0,40	0,51	0,59	0,50	0,43	0,39	0,36	0,39	0,40	0,43	0,59	0,32
Okt	1	0,30	0,39	0,55	0,61	0,49	0,35	0,36	0,35	0,37	0,38	0,41	0,61	0,30
	2	0,30	0,38	0,56	0,63	0,49	0,35	0,36	0,35	0,38	0,37	0,42	0,63	0,30
	3	0,30	0,37	0,57	0,65	0,49	0,35	0,36	0,35	0,39	0,41	0,42	0,65	0,30
Nov	1	0,42	0,41	0,59	0,64	0,50	0,49	0,50	0,56	0,49	0,43	0,55	0,64	0,41
	2	0,42	0,43	0,59	0,64	0,50	0,49	0,50	0,57	0,50	0,45	0,54	0,64	0,42
	3	0,42	0,45	0,59	0,65	0,50	0,49	0,50	0,56	0,51	0,45	0,55	0,65	0,42
Des	1	0,53	0,51	0,60	0,67	0,66	0,55	0,54	0,65	0,55	0,71	0,60	0,71	0,51
	2	0,53	0,52	0,60	0,69	0,63	0,55	0,54	0,66	0,56	0,71	0,60	0,71	0,52
	3	0,53	0,52	0,60	0,72	0,64	0,55	0,54	0,67	0,57	0,72	0,61	0,72	0,52
Rerata		0,50	0,52	0,57	0,72	0,62	0,60	0,58	0,52	0,52	0,65	0,58	0,72	0,50
Total		17,8	18,7	20,6	25,8	22,2	21,7	20,9	18,7	18,6	23,3	20,9	25,8	17,9

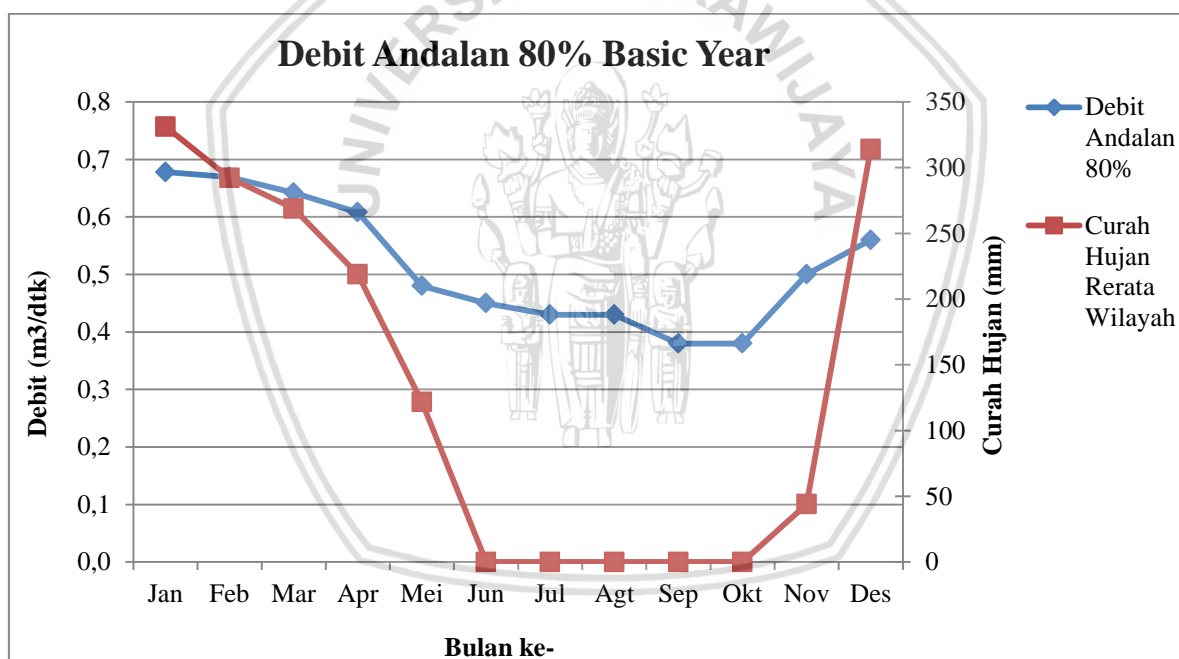
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.40

Probabilitas Debit Andalan dengan Metode *Weibull*

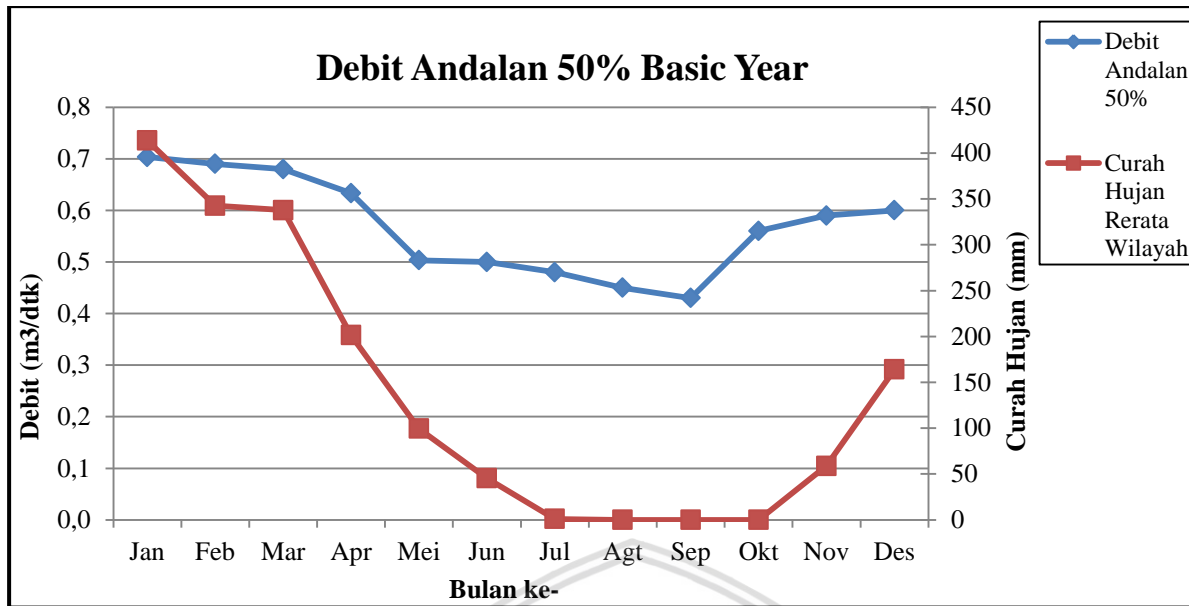
No	Data Debit		Rangking Debit		P	Keterangan
	Tahun	Q (m <sup>3</sup> /dt)	Tahun	Q (m <sup>3</sup> /dt)	%	
1	2007	0,496	2010	0,718	9,09	
2	2008	0,520	2016	0,646	18,18	
3	2009	0,573	2011	0,618	27,27	
4	2010	0,718	2012	0,602	36,36	
5	2011	0,618	2013	0,582	45,45	
6	2012	0,602	2009	0,573	54,55	Q 50%
7	2013	0,582	2014	0,520	63,64	
8	2014	0,520	2014	0,520	72,73	
9	2015	0,517	2015	0,517	81,82	Q 80%
10	2016	0,646	2007	0,496	90,91	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.11 Debit andalan 80%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.12 Debit andalan 50%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dalam studi ini ditinjau dari debit Kali Tanggul historis selama 10 tahun terakhir (dari tahun 2007 sampai dengan tahun 2016) yang direncanakan dengan peluang kemungkinan terpenuhi 80% dan 50%. Debit andalan tersebut yang digunakan dalam dasar perhitungan optimasi ini.

Debit andalan 80% dianggap mewakili debit air rendah yang terjadi pada tahun 2015 berkisar antara 0,37 – 0,68 m<sup>3</sup>/detik. Debit ini mempunyai peluang terjadi disamai atau dilampaui 292 hari (9,6 bulan) dalam 1 tahun atau peluang tidak terjadi/gagal 73 hari (2,4 bulan) dalam 1 tahun.

Sedangkan debit andalan 50% yang dianggap mewakili debit air normal terjadi di tahun 2009 berkisar antara 0,43 – 0,71 m<sup>3</sup>/detik. Debit ini mempunyai peluang terjadi disamai atau dilampaui 183 hari (6 bulan) dalam 1 tahun atau peluang tidak terjadi/gagal 183 hari (6 bulan) dalam 1 tahun.

#### 4.8. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan bersih air di sawah merupakan jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman secara optimal dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah. Kebutuhan bersih air di sawah atau biasa disebut sebagai kebutuhan air irigasi. Kebutuhan air irigasi dipengaruhi berbagai faktor seperti klimatologi, kondisi dan jenis tanah, koefisien tanaman, pola tanam, ketersediaan air yang diberikan, luas daerah irigasi, efisiensi irigasi, penggunaan kembali air drainase untuk irigasi, sistem

penggolongan, jadwal tanam, dan lain-lain. Beberapa faktor-faktor tersebut akan dijabarkan sebagai berikut.

#### 4.8.1. Koefisien Tanaman

Besarnya koefisien tanaman berhubungan dengan jenis tanaman, varietas tanaman, serta umur pertumbuhan tanaman. Besarnya koefisien tanaman mempengaruhi penggunaan air konsumtif tanaman. Menurut data hasil realisasi tanam di Daerah Irigasi Tanggul, jenis tanaman yang ditanam yaitu tanaman padi, palawija, dan tebu. Harga-harga koefisien tanaman dapat dilihat pada Tabel 2.11.

#### 4.8.2. Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi potensial suatu jenis tanaman dipengaruhi oleh berbagai faktor meteorologi suatu lokasi. Nilai evapotranspirasi potensial ini nantinya digunakan untuk menentukan penggunaan air konsumtif dan curah hujan efektif jenis tanaman palawija, serta memperhitungkan kebutuhan air untuk penyiapan lahan sebelum padi mulai ditanam. Perhitungan evapotranspirasi potensial disajikan pada Tabel 4.31.

#### 4.8.3. Penggunaan Air Konsumtif (Evapotranspirasi Tanaman)

Penggunaan air konsumtif merupakan penggunaan air konsumtif didefinisikan tebal air yang dibutuhkan untuk keperluan evapotranspirasi suatu jenis tanaman pertanian tanpa dibatasi oleh kekurangan air. Penggunaan air konsumtif bergantung dari besarnya evapotranspirasi potensial dan faktor koefisien tanaman. Berikut ini merupakan contoh perhitungan penggunaan air konsumtif tanaman padi pada bulan Desember periode 1.

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Koefisien tanaman padi (k)} &= 1,2 \\ \text{Evapotranspirasi potensial (Eto)} &= 3,59 \text{ mm/hr} \\ \text{Penggunaan Air Konsumtif (PAK)} &= k \text{ Eto} \\ &= 1,2 \cdot 3,59 \\ &= 4,31 \text{ mm/hr} \end{aligned}$$

#### 4.8.4. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif merupakan sejumlah air yang berasal dari curah hujan aktual harian atau bulanan yang jatuh sampai daerah perakaran tanaman dan bisa dimanfaatkan oleh tanaman untuk pertumbuhannya. Jumlah curah hujan yang dimanfaatkan oleh tanaman dipengaruhi jenis tanaman.

Untuk analisis curah hujan efektif, curah hujan di musim kemarau dan penghujan akan sangat penting. Untuk curah hujan lebih, curah hujan di musim penghujan (bulan-bulan turun hujan) harus mendapat perhatian tersendiri. Perhitungan curah hujan efektif disebutkan pada Tabel 4.29.

#### **4.8.5. Perkolasi**

Perkolasi merupakan penggenangan dan persesapan air dari zona tidak jenuh menuju ke zona jenuh yang hanya terjadi pada masa penanaman padi. Laju perkolasi dipengaruhi beberapa faktor, seperti tekstur tanah, permeabilitas tanah, tebal lapisan bagian atas, dan vegetasi penutup. Berdasarkan hasil survey kondisi eksisting, Daerah Irigasi Tanggul memiliki tekstur tanah lempung berpasir. Menurut Standart Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01), Nilai perkolasi yang disebutkan pada Tabel 2.13 sebesar 3-5 mm/hr. Namun, dalam perhitungan perkolasi pada studi ini digunakan 3 mm/hari.

#### **4.8.6. Penyiapan Lahan**

Penyiapan lahan merupakan tahap pengolahan lahan dengan membajak dan menggaru untuk kebutuhan tanaman agar sesuai dengan pertumbuhannya. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan menentukan besarnya kebutuhan air maksimum untuk perencanaan pemberian air irigasi.

Untuk menyikapi adanya pergeseran musim akibat iklim yang selalu berubah diperlukan penghematan air. Penyiapan lahan untuk tanaman padi pada musim hujan diusahakan menunggu cukup turunnya hujan. Proses penyiapan lahan tidak dapat dilakukan sekaligus secara serentak, agar penyiapan lahan tidak mengganggu penyemaian bibit yang sedang berjalan.

Faktor-faktor yang berperan penting dalam menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan sebagai berikut:

1. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan.
2. Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan.

Penyiapan lahan untuk petak tersier berkisar antara 10-15 hari. Sedangkan untuk daerah irigasi membutuhkan waktu sekitar 30-45 hari. Dalam studi ini digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra, dalam Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum, 1986. Contoh perhitungan kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan sebagai berikut.



$$\begin{aligned}
 1. \ E_o &= 3,59 \text{ mm/hr} \\
 2. \ E_o &= 1,1 \ E_o \\
 &= 1,1 \ 3,59 \\
 &= 3,95 \text{ mm/hr} \\
 3. \ P &= 3 \text{ mm/hr} \\
 4. \ M &= E_o + P \\
 &= 3,95 + 3 \\
 &= 6,95 \text{ mm/hr} \\
 5. \ T &= 30 \text{ hari} \\
 6. \ S &= \text{kebutuhan air untuk penjemuran ditambah 50 mm} \\
 &= 250 + 50 \\
 &= 300 \text{ mm} \\
 7. \ k &= \frac{MT}{S} \\
 &= \frac{6,95 \ 30}{300} \\
 &= 0,69 \\
 8. \ e^k &= e^{0,69} \\
 &= 1,99 \\
 9. \ PL &= \frac{Me^k}{e^k - 1} \\
 &= \frac{6,95 \ 1,99}{1,99 - 1} \\
 &= 13,88 \text{ mm/hr}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya disajikan pada Tabel 4.30.

Tabel 4.41  
Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan

Parameter	Satuan	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1. Eto	mm/hr	3,59	3,62	3,81	3,24	3,41	3,40	3,84	4,96	6,56	6,25	4,87	3,39
2. Eo = 1,1 Eto	mm/hr	3,95	3,99	4,19	3,57	3,75	3,74	4,23	5,45	7,21	6,87	5,36	3,73
3. P	mm/hr	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
4. M = Eo + P	mm/hr	6,95	6,99	7,19	6,57	6,75	6,74	7,23	8,45	10,21	9,87	8,36	6,73
5. T	Hari	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Penjenuhan, S = 300 mm		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
$k = M T / S$		0,69	0,70	0,72	0,66	0,68	0,67	0,72	0,85	1,02	0,99	0,84	0,67
$PL = M \times e^k$ ( $e^k - 1$ )	mm/hr	13,88	13,90	14,03	13,64	13,76	13,75	14,05	14,81	15,96	15,74	14,76	13,74

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

*Eto* = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

*Eo* = Evaporasi potensial (mm/hari)

*P* = Perkolasi (mm/hari)

*M* = Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan (mm/hari)

*T* = Waktu pengolahan tanah (hari)

*S* = Kebutuhan air untuk penjenuhan lapisan atas ditambah dengan lapisan air 50 mm sehingga (250 + 50 = 300 mm)

*K* = Konstanta

*e* = Bilangan eksponen (2,718)

*PL* = Kebutuhan air untuk pengolahan lahan (mm/hari)

#### 4.8.7. Penggantian Lapisan Air (WLR)

Petumbuhan tanaman padi erat hubungannya dengan penggantian lapisan air. Setelah proses penggenangan air, air genangan di permukaan tanah akan kotor perlu dibuang disebabkan dapat merusak tanaman. Air genangan yang dibuang akan diganti dengan air baru.

Penggantian lapisan air dilakukan 2 kali yang dilakukan 1 bulan dan 2 bulan setelah proses transplantasi sebesar masing-masing 50 mm (3,3 mm/hr selama 1,5 bulan). Pada lokasi studi ini diberikan penggantian lapisan air sebesar 50 mm dilakukan selama 40 hari setelah sebulan masa transplantasi. Contoh perhitungan penggantian lapisan air dijelaskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} WLR &= \frac{50 \text{ mm}}{40 \text{ hari}} \\ &= 1,25 \text{ mm/hr} \end{aligned}$$

#### 4.8.8. Efisiensi Irigasi

Efisiensi irigasi merupakan perbandingan debit air yang dipakai di lahan pertanian dan air yang disadap dari pintu pengambilan. Sebelum sampai di petak tersier, air mengalir melalui saluran primer, sekunder, dan tersier sehingga terjadi kehilangan air sepanjang pengaliran tersebut. Kehilangan air irigasi disebabkan oleh perkolasi, rembesan, dan kekurangtelitian dalam pemanfaatan air

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kehilangan air, seperti panjang saluran, keliling basah saluran, lapisan saluran, kedudukan air tanah, dan luas permukaan air pada saluran.

Efisiensi irigasi pada Daerah Irigasi Tanggul yang diterapkan dalam studi ini berdasarkan Standart Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01) yaitu sebagai berikut.

1. Efisiensi saluran primer sebesar 80%
2. Efisiensi saluran sekunder sebesar 80%
3. Efisiensi saluran tersier sebesar 75%

Jadi, besarnya efisiensi total keseluruhan adalah  $80\% \times 80\% \times 75\% = 50\%$

#### 4.9. Pola Tata Tanam

Pada lokasi studi Daerah Irigasi Tanggul dengan luas lahan 728 ha, pola tata tanam eksisting metode PU berdasarkan Rencana Tata Tanam Global (RTTG) Dinas Sumber Daya Air (tahun 2016/2017) direncanakan sebelum adanya pergeseran musim yang

diterapkan adalah padi, palawija (jagung), tebu-padi, palawija (kedelai), tebu- padi, palawija (kacang tanah), tebu. Komposisi luas tanam pada kondisi eksisting dapat berikut ini.

#### 1. Musim Hujan/Musim Tanam I (MT I)

Awal mulai tanam untuk musim tanam I pada bulan November Periode 1 dengan perincian sebagai berikut:

- a. Padi = 653 ha
- b. Palawija = 24 ha
- c. Tebu = 35 ha

#### 2. Musim Kemarau I/Musim Tanam II (MT II)

Awal mulai tanam untuk musim tanam II pada bulan April Periode 1 dengan perincian sebagai berikut:

- a. Padi = 537 ha
- b. Palawija = 101 ha
- c. Tebu = 35 ha

#### 3. Musim Kemarau II/Musim Tanam III (MT III)

Awal mulai tanam untuk musim tanam II pada bulan Agustus Periode 1 dengan perincian sebagai berikut:

- a. Padi = 549 ha
- b. Palawija = 124 ha
- c. Tebu = 35 ha

Tabel 4.42

Pola Tata Tanam Eksisting

	MT I	MT II	MT III
Tanaman I	Padi 653 ha	Padi 537 ha	Padi 549 ha
Tanaman II	Jagung 24 ha	Kedelai 101 ha	Kacang Tanah 124 ha
Tanaman III	Tebu 35 ha	Tebu 35 ha	Tebu 35 ha
Jumlah	712 ha	673 ha	708 ha
Intensitas Tanam	97,8%	92,4%	97,3%
Total Intensitas Tanam		287,5%	

Sumber: Data Dinas PU Sumber Daya Air Kab. Pasuruan, 2017

#### 4.9.1. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

Dalam perhitungan kebutuhan air irigasi, dilakukan analisa kebutuhan air yang dipengaruhi oleh faktor evapotranspirasi potensial, curah hujan efektif, perkolasi, koefisien tanaman, pengolahan lahan, efisiensi irigasi, dan berbagai faktor lainnya.

Berikut merupakan contoh perhitungan kebutuhan air irigasi berdasarkan pola tata tanam eksisting pada bulan November periode I.

Data-data yang diketahui sebagai berikut:

- Tanaman padi berumur 90 hari
- Tanaman jagung berumur 90 hari
- Tanaman kedelai berumur 100 hari
- Tanaman kacang tanah berumur 120 hari
- Tanaman tebu berumur 360 hari
- Penanaman dimulai pada bulan November periode I
- Sistem pembagian pola tata tanam berdasarkan 10 harian
- Koefisien tanaman padi menggunakan varietas unggul
- Koefisien tanaman palawija menggunakan varietas biasa
- Koefisien tanaman tebu menggunakan varietas biasa
- Evapotranspirasi potensial ( $ET_o$ ) sebesar 3,39 mm/hari (Tabel 4.31)
- Penyiapan lahan sebesar 13,74 mm/hari (Tabel 4.41)
- Waktu penggantian lapisan air ( $WLR$ ) sebesar 1,25 mm/hari selama 40 hari
- Curah hujan efektif untuk tanaman padi sebesar 0,11 mm/hari (Tabel 4.29)
- Curah hujan efektif untuk tanaman palawija sebesar 1,82 mm/hari (Tabel 4.29)
- Curah hujan efektif untuk tanaman tebu sebesar 0,10 mm/hari (Tabel 4.29)
- $WLR$  dimulai pada hari ke 30 setelah masa tanam dengan jangka waktu 40 hari
- Jangka waktu penyiapan lahan ( $PL$ ) yaitu selama 30 hari
- Nilai perkolasi tanah sebesar 3 mm/hari sesuai dengan kondisi eksisting tanah di Daerah Irigasi Tanggul.

Kebutuhan air irigasi dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menggambar pola tata tanam sesuai dengan jenis tanaman dan waktu mulai tanam tanaman padi, tanaman palawija (jagung), dan tanaman tebu
2. Menentukan koefisien ( $K_c$ ) masing-masing tanaman sesuai dengan periode umur tanaman padi, tanaman palawija (jagung), dan tanaman tebu



$$Kc \text{ padi} = 1,20 + 0,00 + 0,00$$

$$Kc \text{ palawija (jagung)} = 0,84 + 0,59 + 0,53$$

$$Kc \text{ tebu} = 0,80 + 0,55 + 0,55$$

3. Menghitung rerata koefisien tanaman dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Rerata koefisien tanaman padi} &= \frac{\text{koefisien}}{\text{jumlah koefisien}} \\ &= \frac{1,20 + 0,00 + 0,00}{3} \\ &= 1,20 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rerata koefisien tanaman palawija (jagung)} &= \frac{\text{koefisien}}{\text{jumlah koefisien}} \\ &= \frac{0,84 + 0,59 + 0,53}{3} \\ &= 0,65 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rerata koefisien tanaman tebu} &= \frac{\text{koefisien}}{\text{jumlah koefisien}} \\ &= \frac{0,80 + 0,55 + 0,55}{3} \\ &= 0,63 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

4. Memasukkan harga evapotranspirasi potensial dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode Penman modifikasi (Tabel 4.31). Harga evapotranspirasi potensial pada bulan Desember periode I sebesar 3,39 mm/hari

5. Menghitung penggunaan air konsumtif (*PAK*) dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{PAK tanaman padi} &= \text{Rerata koefisien padi} \times ETo \\ &= 1,20 \times 3,39 \\ &= 4,07 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PAK tanaman palawija (jagung)} &= \text{Rerata koefisien palawija (jagung)} \times ETo \\ &= 0,65 \times 3,39 \\ &= 2,21 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PAK tanaman tebu} &= \text{Rerata koefisien tebu} \times ETo \\ &= 0,63 \times 3,39 \\ &= 2,15 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

6. Menentukan rasio luas penggunaan air konsumtif tanaman (*PAK*)

$$\text{Tanaman padi} = 1/3 \ 1/6 = 0,06$$

$$\text{Tanaman Palawija (jagung)} = 1/3 \ 6/6 = 0,33$$

$$\text{Tanaman tebu} = 1/3 \ 6/6 = 0,33$$

7. Menghitung *PAK* x rasio luas *PAK*

$$\begin{aligned}\text{Tanaman padi} &= \text{PAK padi} \times \text{rasio luas PAK padi} \\ &= 4,07 \times 0,06 \\ &= 0,23 \text{ mm/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tanaman palawija (jagung)} &= \text{PAK palawija (jagung)} \times \text{rasio luas PAK palawija (jagung)} \\ &= 2,21 \times 0,33 \\ &= 0,74 \text{ mm/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tanaman tebu} &= \text{PAK tebu} \times \text{rasio luas PAK tebu} \\ &= 2,15 \times 0,33 \\ &= 0,72 \text{ mm/hari}\end{aligned}$$

8. Menentukan nilai perkolasi dapat diketahui berdasarkan jenis tanah, yaitu lempung berpasir dengan perkolasi sebesar 3,00 mm/hari pada tanaman padi.

9. Menentukan rasio luas perkolasi pada tanaman padi

$$\text{Tanaman padi} = 1/3 \frac{1}{6} = 0,06$$

10. Menghitung perkolasi x rasio luas perkolasi

$$\begin{aligned}\text{Tanaman padi} &= \text{perkolasi} \times \text{rasio luas perkolasi} \\ &= 3,00 \times 0,06 \\ &= 0,17 \text{ mm/hari}\end{aligned}$$

11. Menghitung kebutuhan air untuk Penyiapan Lahan (*PL*) yang dilakukan pada bulan November periode I dengan rumus ( $E_o + P$ ) dengan  $T = 30$  hari dan  $S = 250$  mm, maka didapatkan nilai penyiapan lahan sebesar 13,74 mm/hari (Tabel 4.41)

12. Menentukan rasio luas penyiapan lahan sebelum penanaman padi

$$\text{Tanaman padi} = 1/3 \frac{5}{6} = 0,28$$

13. Menghitung Penyiapan Lahan (*PL*) dengan rasio luas penyiapan lahan

$$\begin{aligned}\text{Tanaman padi} &= \text{penyiapan lahan} \times \text{rasio luas penyiapan lahan} \\ &= 13,74 \times 0,28 \\ &= 3,82 \text{ mm/hari}\end{aligned}$$

14. Penggantian lapisan air (*WLR*) dihitung setelah 30 hari dari awal tanam padi sebesar 50 mm selama 40 hari, sehingga *WLR* dilakukan pada bulan Januari periode I

$$\text{WLR} = 50/40 = 1,25 \text{ mm/hari}$$

15. Menentukan rasio luas *WLR* setelah 30 hari dari awal penanaman padi

$$\text{Tanaman padi} = 1/3 \frac{1}{6} = 0,06$$

16. Menghitung  $WLR$  x rasio luas  $WLR$ 

$$\begin{aligned}
 \text{Tanaman padi} &= WLR \times \text{Rasio Luas } WLR \\
 &= 1,25 \times 0,06 \\
 &= 0,07 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

17. Menentukan curah hujan efektif ( $Reff$ ) untuk tiap jenis tanaman yang didapat dari hasil perhitungan curah hujan efektif tiap jenis tanaman (Tabel 4.31)

$$Reff \text{ tanaman padi} = 0,11 \text{ mm/hari}$$

$$Reff \text{ tanaman palawija (jagung)} = 1,82 \text{ mm/hari}$$

$$Reff \text{ tanaman tebu} = 0,10 \text{ mm/hari}$$

18. Menentukan nilai kebutuhan air di sawah ( $NFR$ ) dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 NFR \text{ tanaman padi} &= PAK \text{ padi} + PL + WLR + P - Reff \text{ tanaman padi} \\
 &= 0,23 + 0,17 + 3,82 + 0,00 - 0,11 \\
 &= 4,10 \text{ mm/hari} \\
 &= 0,47 \text{ lt/dt/ha}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NFR \text{ tanaman palawija (jagung)} &= PAK \text{ palawija} - Reff \text{ tanaman palawija} \\
 &= 0,74 - 1,82 \\
 &= -1,08 \text{ mm/hari} \\
 &= -0,13 \text{ lt/dt/ha} \\
 &= (\text{tanda minus } (-) \text{ menandakan bahwa kebutuhan air} \\
 &\quad \text{tanaman sudah terpenuhi oleh curah hujan sehingga} \\
 &\quad \text{ditulis nol (0)})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NFR \text{ tanaman tebu} &= PAK \text{ tebu} - Reff \text{ tanaman tebu} \\
 &= 0,72 - 0,10 \\
 &= 0,62 \text{ mm/hari} \\
 &= 0,07 \text{ lt/dt/ha}
 \end{aligned}$$

19. Efisiensi saluran didapat dari ketetapan koefisien saluran sebesar  $80\% \times 80\% \times 75\% = 50\%$ 

## 20. Menentukan kebutuhan air per satuan luas dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 \text{Tanaman padi} &= NFR \text{ padi} / \text{efisiensi irigasi} \\
 &= 0,47 / 0,50 \\
 &= 0,95 \text{ l/dt/ha}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tanaman palawija (jagung)} &= NFR \text{ palawija (jagung)} / \text{efisiensi irigasi} \\
 &= -0,13/0,50
 \end{aligned}$$

$$= 0,00 \text{ l/dt/ha}$$

= (tanda *minus* (-) menandakan bahwa kebutuhan air irigasi sudah terpenuhi oleh curah hujan sehingga ditulis nol (0))

$$\begin{aligned} \text{Tanaman tebu} &= \text{NFR tebu} / \text{efisiensi irigasi} \\ &= 0,07 / 0,50 \\ &= 0,14 \text{ l/dt/ha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air total} &= \text{tanaman padi} + \text{tanaman palawija} + \text{tanaman tebu} \\ &= 0,95 + 0,00 + 0,14 \\ &= 1,09 \text{ l/dt/ha} \end{aligned}$$

## 21. Menghitung kebutuhan air total di *intake*

$$\begin{aligned} \text{Tanaman padi} &= (\text{kebutuhan air padi}/1000) \times \text{luas padi} \\ &= (0,95 / 1000) \times 648 \\ &= 0,61 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tanaman palawija (jagung)} &= (\text{kebutuhan air jagung}/1000) \times \text{luas palawija} \\ &\quad (\text{jagung}) \\ &= (0,00 / 1000) \times 24 \\ &= 0,00 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tanaman tebu} &= (\text{kebutuhan air tebu}/1000) \times \text{luas tebu} \\ &= (0,14 / 1000) \times 40 \\ &= 0,01 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air total di } intake &= \text{padi} + \text{palawija} + \text{tebu} \\ &= 0,61 + 0,00 + 0,01 \\ &= 0,62 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Adapun kondisi pola tata tanam eksisting yang direncanakan sebelum adanya pergeseran musim dan beberapa alternatif pola tata tanam yang direncanakan setelah adanya pergeseran musim serta perhitungan kebutuhan air irigasi secara lengkap disajikan pada Tabel 4.43 sampai dengan Tabel 4.50.

**HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN**





#### 4.10. Volume Air Irigasi

Analisis volume air irigasi dilakukan untuk menghitung luas lahan yang dapat ditanami dari persediaan air irigasi yang ada. Volume air irigasi meliputi volume air yang dibutuhkan yang didapatkan dari perhitungan kebutuhan air irigasi di Daerah Irigasi Tanggul dan volume air yang tersedia yang didapatkan dari perhitungan debit andalan di Daerah Irigasi Tanggul.

##### 4.10.1. Volume Ketersediaan Air Irigasi

Dari perhitungan debit andalan pada Daerah Irigasi Tanggul untuk tiap periode dalam satu tahun akan dihasilkan besar volume ketersediaan air dari debit andalan untuk masing-masing musim tanam. Volume ketersediaan air merupakan nilai ketersediaan air untuk irigasi yang akan digunakan sebagai fungsi kendala atau pembatas dalam studi ini. Ketersediaan air yang digunakan dalam studi ini yaitu debit andalan 80% (mewakili debit air rendah) dan 50% (mewakili debit air normal).

Debit andalan tersebut akan dibandingkan dengan kebutuhan air irigasi dari pola tata tanam eksisting yang direncanakan sebelum pergeseran musim serta beberapa pola tanam alternatif yang direncanakan setelah pergeseran musim. Nilai volume ketersediaan air ini dikonversi dari nilai debit yang ada (dalam studi ini  $\text{m}^3/\text{dt}$ ) menjadi nilai volume dalam satuan  $\text{m}^3$ .

Contoh perhitungan untuk menentukan volume ketersediaan air (debit andalan 80%) sebagai berikut.

Diketahui:

$$\begin{aligned} Q \text{ Andalan } 80\% &= 0,490 \text{ m}^3/\text{dt} \text{ (bulan November periode I)} \\ V \text{ Andalan } 80\% &= 0,490 \times (24 \times 60 \times 60) \\ &= 42336,0 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan untuk menentukan volume ketersediaan air (debit andalan 50%) adalah berikut ini.

Diketahui:

$$\begin{aligned} Q \text{ Andalan } 50\% &= 0,590 \text{ m}^3/\text{dt} \text{ (bulan November periode I)} \\ V \text{ Andalan } 50\% &= 0,590 \times (24 \times 60 \times 60) \\ &= 50976,0 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, konversi volume dari setiap debit andalan dapat dilihat pada Tabel 4.51 dan Tabel 4.52 dibawah ini.

Tabel 4.51

Volume Ketersediaan Air Irigasi (Debit Andalan 80%)

Bulan	Periode	Q Andalan 80%	Volume Air Andalan 80% (m <sup>3</sup> )		
		m <sup>3</sup> /dt	MT I	MT II	MT III
Nov	1	0,490	42336,0		
	2	0,500	43200,0		
	3	0,510	44064,0		
Des	1	0,550	47520,0		
	2	0,560	48384,0		
	3	0,570	49248,0		
Jan	1	0,678	58579,2		
	2	0,678	58579,2		
	3	0,678	58579,2		
Feb	1	0,670	57888,0		
	2	0,669	57801,6		
	3	0,669	57801,6		
Mar	1	0,642		55468,8	
	2	0,642		55468,8	
	3	0,642		55468,8	
Apr	1	0,610		52704,0	
	2	0,609		52617,6	
	3	0,605		52272,0	
Mei	1	0,490		42336,0	
	2	0,480		41472,0	
	3	0,470		40608,0	
Jun	1	0,450		38880,0	
	2	0,450		38880,0	
	3	0,450		38880,0	
Jul	1	0,430			37152,0
	2	0,430			37152,0
	3	0,430			37152,0
Agt	1	0,430			37152,0
	2	0,430			37152,0
	3	0,430			37152,0
Sep	1	0,370			31968,0
	2	0,380			32832,0
	3	0,390			33696,0
Okt	1	0,370			31968,0
	2	0,380			32832,0
	3	0,390			33696,0
Jumlah			623980,8	565056,0	419904,0

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.52

Volume Ketersediaan Air Irigasi (Debit Andalan 50%)

Bulan	Periode	Q Andalan 50%	Volume Air Andalan 50% (m <sup>3</sup> )		
		m <sup>3</sup> /dt	MT I	MT II	MT III
Nov	1	0,590	50976,0		
	2	0,590	50976,0		
	3	0,590	50976,0		
Des	1	0,600	51840,0		
	2	0,600	51840,0		
	3	0,600	51840,0		
Jan	1	0,700	60480,0		
	2	0,700	60480,0		
	3	0,710	61344,0		
Feb	1	0,690	59616,0		
	2	0,690	59616,0		
	3	0,690	59616,0		
Mar	1	0,680		58752,0	
	2	0,680		58752,0	
	3	0,680		58752,0	
Apr	1	0,600		51840,0	
	2	0,650		56160,0	
	3	0,650		56160,0	
Mei	1	0,500		43200,0	
	2	0,510		44064,0	
	3	0,500		43200,0	
Jun	1	0,500		43200,0	
	2	0,500		43200,0	
	3	0,500		43200,0	
Jul	1	0,480			41472,0
	2	0,480			41472,0
	3	0,480			41472,0
Agt	1	0,450			38880,0
	2	0,450			38880,0
	3	0,450			38880,0
Sep	1	0,430			37152,0
	2	0,500			43200,0
	3	0,510			44064,0
Okt	1	0,550			47520,0
	2	0,560			48384,0
	3	0,570			49248,0
Jumlah			704160,0	612576,0	270432,0

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

#### 4.10.2 Volume Kebutuhan Air

Dalam perhitungan kebutuhan air irigasi, dilakukan analisa kebutuhan air yang dipengaruhi oleh faktor evapotranspirasi potensial, curah hujan efektif, perkolasi, koefisien tanaman, pengolahan lahan, efisiensi irigasi, dan berbagai faktor lainnya.

Perhitungan volume kebutuhan air irigasi didapat dari debit kebutuhan air irigasi dalam satu tahun. Untuk perhitungan volume kebutuhan air irigasi dari masing-masing pola tata tanam dapat dilihat pada Tabel 4.54 sampai dengan Tabel 4.61.

Perhitungan kebutuhan air irigasi didapatkan dari hasil perhitungan kebutuhan air di sawah dalam tiap satuan luas untuk tiap jenis tanaman sesuai dengan pola tanam, kemudian dilakukan perhitungan jumlah volume air yang dibutuhkan untuk masing-masing periode dalam tiap-tiap musim tanam. Nilai volume kebutuhan air irigasi dikonversi dari nilai debit kebutuhan air irigasi yang berasal dari perhitungan pola tata tanam eksisting (dalam studi ini  $\text{m}^3/\text{dt}$ ) menjadi nilai volume dalam satuan  $\text{m}^3$ . Contoh perhitungan konversi nilai debit menjadi volume untuk data kebutuhan air irigasi PTT eksisting yang direncanakan sebelum pergeseran musim adalah sebagai berikut.

Diketahui :

Pada bulan November periode I,

1.  $Q$  kebutuhan Padi  $= 0,531 \text{ l/dt/ha}$   
 $= 0,001 \text{ m}^3/\text{dt/ha}$   
 $V$  Kebutuhan Padi  $= 0,001 \times (24 \times 60 \times 60)$   
 $= 45,912 \text{ m}^3/\text{ha}$
2.  $Q$  kebutuhan Jagung  $= 0,000 \text{ l/dt/ha}$   
 $= 0,000 \text{ m}^3/\text{dt/Ha}$   
 $V$  kebutuhan Jagung  $= 0,000 \times (24 \times 60 \times 60)$   
 $= 0,000 \text{ m}^3/\text{ha}$
3.  $Q$  kebutuhan Tebu  $= 0,217 \text{ l/dt/ha}$   
 $= 0,0002 \text{ m}^3/\text{dt/ha}$   
 $V$  kebutuhan Tebu  $= 0,0002 \times (24 \times 60 \times 60)$   
 $= 18,716 \text{ m}^3/\text{ha}$

Untuk perhitungan selanjutnya volume kebutuhan air irigasi setiap pola tata tanam dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.53

Volume Kebutuhan Air Irigasi Berdasarkan Pola Tata Tanam Eksisting

Bulan	Periode	Musim Tanam I (m <sup>3</sup> /ha)			Musim Tanam II (m <sup>3</sup> /ha)			Musim Tanam III (m <sup>3</sup> /ha)		
		Padi	Jagung	Tebu	Padi	Kedelai	Tebu	Padi	Kacang Tanah	Tebu
Nov	1	45,912	0,000	18,716						
	2	59,193	0,000	18,414						
	3	3,282	0,000	0,000						
Des	1	81,947	0,000	12,393						
	2	31,130	0,000	0,000						
	3	0,000	0,000	0,000						
Jan	1	0,000	0,000	0,000						
	2	0,000	0,000	0,000						
	3	0,000	0,000	0,000						
Feb	1	0,000	0,000	0,000						
	2	0,000	0,000	0,000						
	3	0,000	0,000	0,000						
Mar	1				0,000	0,000	0,000			
	2				0,000	0,000	0,000			
	3				22,171	0,000	0,000			
Apr	1				9,809	0,000	0,000			
	2				58,214	0,000	13,828			
	3				0,000	0,000	0,000			
Mei	1				19,989	0,000	0,000			
	2				0,000	0,000	0,000			
	3				0,000	0,000	0,000			
Jun	1				20,463	0,000	0,000			
	2				27,127	0,000	1,505			
	3				40,557	0,000	23,825			
Jul	1							42,639	12,674	26,665
	2							56,822	13,613	26,905
	3							80,250	15,492	25,945
Agt	1							92,244	24,043	34,688
	2							79,394	27,420	34,688
	3							67,017	29,916	34,688
Sep	1							76,796	41,037	42,251
	2							80,987	41,523	38,609
	3							84,202	41,523	34,967
Okt	1							82,778	32,986	30,555
	2							75,097	19,792	27,778
	3							54,264	0,000	25,000
Total	m <sup>3</sup> /ha	221,464	0,000	49,524	198,330	0,000	39,159	872,490	300,018	382,738

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Tabel 4.54

Volume Kebutuhan Air Irigasi Berdasarkan Pola Tata Tanam Alternatif 1

Bulan	Periode	Musim Tanam I (m3/ha)			Musim Tanam II (m3/ha)			Musim Tanam III (m3/ha)		
		Padi	Kedelai	Tebu	Padi	Kacang Tanah	Tebu	Padi	Jagung	Tebu
Nov	2	42,618	0,000	13,183						
	3	0,000	0,000	0,000						
	1	77,427	0,000	11,246						
Des	2	46,094	0,000	0,000						
	3	0,000	0,000	0,000						
	1	0,000	0,000	0,000						
Jan	2	0,000	0,000	0,000						
	3	0,000	0,000	0,000						
	1	0,000	0,000	0,000						
Feb	2	0,000	0,000	0,000						
	3	0,000	0,000	0,000						
	1	0,000	0,000	0,000						
Mar	2				0,000	0,000	0,000			
	3				0,000	0,000	0,000			
	1				5,483	0,000	0,000			
Apr	2				73,313	0,000	15,008			
	3				14,095	0,000	0,000			
	1				24,987	0,000	0,000			
Mei	2				0,000	0,000	0,000			
	3				0,000	0,000	0,000			
	1				22,992	12,847	0,000			
Jun	2				35,775	12,847	4,585			
	3				26,944	8,790	26,905			
	1				47,750	0,000	34,448			
Jul	2							45,597	0,000	34,688
	3							55,702	2,501	33,728
	1							85,637	11,255	45,894
Agu	2							94,378	19,669	45,894
	3							85,858	28,512	45,894
	1							79,239	35,214	45,894
Sep	2							74,208	39,958	40,278
	3							78,333	42,639	36,805
	1							69,514	33,330	25,997
Okt	2							70,795	32,247	23,830
	3							64,499	25,726	21,664
	1							23,887	0,000	0,000
Total	m <sup>3</sup> /ha	166,139	0,000	24,429	251,340	34,483	80,946	827,647	271,051	400,564

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.55

Volume Kebutuhan Air Irigasi Berdasarkan Pola Tata Tanam Alternatif 2

Bulan	Periode	Musim Tanam I (m <sup>3</sup> /ha)			Musim Tanam II (m <sup>3</sup> /ha)			Musim Tanam III (m <sup>3</sup> /ha)		
		Padi	Jagung	Tebu	Padi	Kedelai	Tebu	Padi	Kacang Tanah	Tebu
Des	2	3,127	0,000	0,000						
	3	0,000	0,000	0,000						
	1	0,000	0,000	0,000						
Jan	2	0,000	0,000	0,000						
	3	0,000	0,000	0,000						
	1	0,000	0,169	0,000						
Feb	2	0,000	1,723	0,000						
	3	0,000	1,780	0,000						
	1	0,000	0,000	0,000						
Mar	2	0,000	0,000	0,000						
	3	0,000	0,000	0,000						
	1	0,000	0,000	0,000						
Apr	2				30,666	0,000	13,107			
	3				0,314	0,000	0,000			
	1				49,511	0,000	0,000			
Mei	2				0,000	0,000	0,000			
	3				0,000	0,000	0,000			
	1				17,700	11,195	0,000			
Jun	2				24,113	10,287	1,505			
	3				53,665	7,791	23,825			
	1				60,232	16,831	26,665			
Jul	2				61,815	11,048	26,905			
	3				25,824	9,596	25,945			
	1				48,030	13,284	34,688			
Agu	2							46,451	16,665	34,688
	3							59,382	17,876	34,688
	1							92,006	26,856	45,894
Sep	2							100,748	31,810	45,894
	3							89,680	36,278	45,894
	1							76,896	37,731	43,750
Okt	2							74,208	39,120	40,278
	3							78,333	39,583	36,805
	1							69,234	14,625	25,757
Nov	2							70,795	14,625	23,830
	3							0,000	9,480	0,000
Des	1							38,252	0,000	11,640
Total	m <sup>3</sup> /ha	3,127	3,672	0,000	371,871	80,032	152,641	795,985	284,649	389,117

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.56

Volume Kebutuhan Air Irigasi Berdasarkan Pola Tata Tanam Alternatif 3

Bulan	Periode	Musim Tanam I (m3/ha)			Musim Tanam II (m3/ha)			Musim Tanam III (m3/ha)	
		Padi	Jagung	Tebu	Padi	Kacang Tanah	Tebu	Padi	Tebu
Nov	1	45,912	0,000	18,716					
	2	59,193	0,000	18,414					
	3	3,282	0,000	0,000					
Des	1	81,947	0,000	12,393					
	2	31,130	0,000	0,000					
	3	0,000	0,000	0,000					
Jan	1	0,000	0,000	0,000					
	2	0,000	0,000	0,000					
	3	0,000	0,000	0,000					
Feb	1	0,000	0,000	0,000					
	2	0,000	0,000	0,000					
	3	0,000	0,000	0,000					
Mar	1				0,000	0,000	0,000		
	2				0,000	0,000	0,000		
	3				22,171	0,000	0,000		
Apr	1				9,809	0,000	0,000		
	2				58,214	0,000	13,828		
	3				0,000	0,000	0,000		
Mei	1				19,989	0,000	0,000		
	2				0,000	0,000	0,000		
	3				0,000	0,000	0,000		
Jun	1				20,463	10,060	0,000		
	2				27,127	10,060	1,505		
	3				40,557	6,468	23,825		
Jul	1							42,639	26,665
	2							56,822	26,905
	3							80,250	25,945
Agt	1							92,244	34,688
	2							79,394	34,688
	3							67,017	34,688
Sep	1							76,796	42,251
	2							80,987	38,609
	3							84,202	34,967
Okt	1							82,778	30,555
	2							75,097	27,778
	3							54,264	25,000
Total	m <sup>3</sup> /ha	221,464	0,000	49,524	198,330	26,588	39,159	872,490	382,738

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.57

Volume Kebutuhan Air Irigasi Berdasarkan Pola Tata Tanam Alternatif 4

Bulan	Periode	Musim Tanam I (m <sup>3</sup> /ha)		Musim Tanam II (m <sup>3</sup> /ha)		Musim Tanam III (m <sup>3</sup> /ha)		
		Padi	Tebu	Padi	Tebu	Padi	Kacang Tanah	Tebu
Nov	1	45,912	18,716					
	2	59,193	18,414					
	3	3,282	0,000					
Des	1	81,947	12,393					
	2	31,130	0,000					
	3	0,000	0,000					
Jan	1	0,000	0,000					
	2	0,000	0,000					
	3	0,000	0,000					
Feb	1	0,000	0,000					
	2	0,000	0,000					
	3	0,000	0,000					
Mar	1			0,000	0,000			
	2			0,000	0,000			
	3			22,171	0,000			
Apr	1			9,809	0,000			
	2			58,214	13,828			
	3			0,000	0,000			
Mei	1			19,989	0,000			
	2			0,000	0,000			
	3			0,000	0,000			
Jun	1			20,463	0,000			
	2			27,127	1,505			
	3			40,557	23,825			
Jul	1					42,639	10,519	26,665
	2					56,822	13,613	26,905
	3					80,250	15,492	25,945
Agt	1					92,244	24,043	34,688
	2					79,394	27,420	34,688
	3					67,017	29,916	34,688
Sep	1					76,796	41,037	42,251
	2					80,987	41,523	38,609
	3					84,202	41,523	34,967
Okt	1					82,778	32,986	30,555
	2					75,097	19,792	27,778
	3					54,264	0,000	25,000
Total	m <sup>3</sup> /ha	221,464	49,524	198,330	39,159	872,490	297,864	382,738

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.58

Volume Kebutuhan Air Irigasi Berdasarkan Pola Tata Tanam Alternatif 5

Bulan	Periode	Musim Tanam I (m <sup>3</sup> /ha)			Musim Tanam II (m <sup>3</sup> /ha)		Musim Tanam III (m <sup>3</sup> /ha)		
		Padi	Jagung	Tebu	Padi	Tebu	Padi	Kacang Tanah	Tebu
Nov	1	45,912	0,000	18,716					
	2	59,193	0,000	18,414					
	3	3,282	0,000	0,000					
Des	1	81,947	0,000	12,393					
	2	31,130	0,000	0,000					
	3	0,000	0,000	0,000					
Jan	1	0,000	0,000	0,000					
	2	0,000	0,000	0,000					
	3	0,000	0,000	0,000					
Feb	1	0,000	0,000	0,000					
	2	0,000	0,000	0,000					
	3	0,000	0,000	0,000					
Mar	1				0,000	0,000			
	2				0,000	0,000			
	3				22,171	0,000			
Apr	1				9,809	0,000			
	2				58,214	13,828			
	3				0,000	0,000			
Mei	1				19,989	0,000			
	2				0,000	0,000			
	3				0,000	0,000			
Jun	1				20,463	0,000			
	2				27,127	1,505			
	3				40,557	23,825			
Jul	1						42,639	10,519	26,665
	2						56,822	13,613	26,905
	3						80,250	15,492	25,945
Agt	1						92,244	24,043	34,688
	2						79,394	27,420	34,688
	3						67,017	29,916	34,688
Sep	1						76,796	41,037	42,251
	2						80,987	41,523	38,609
	3						84,202	41,523	34,967
Okt	1						82,778	32,986	30,555
	2						75,097	19,792	27,778
	3						54,264	0,000	25,000
Total	m <sup>3</sup> /ha	221,464	0,000	49,524	198,330	39,159	872,490	297,864	382,738

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.59

Volume Kebutuhan Air Irigasi Berdasarkan Pola Tata Tanam Alternatif 6

Bulan	Periode	Musim Tanam I (m <sup>3</sup> /ha)		Musim Tanam II (m <sup>3</sup> /ha)		Musim Tanam III (m <sup>3</sup> /ha)	
		Padi	Jagung	Padi	Kedelai	Padi	Kacang Tanah
Nov	1	45,912	0,000				
	2	59,193	0,000				
	3	3,282	0,000				
Des	1	81,947	0,000				
	2	31,130	0,000				
	3	0,000	0,000				
Jan	1	0,000	0,000				
	2	0,000	0,000				
	3	0,000	0,000				
Feb	1	0,000	0,000				
	2	0,000	0,000				
	3	0,000	0,000				
Mar	1			0,000	0,000		
	2			0,000	0,000		
	3			22,171	0,000		
Apr	1			9,809	0,000		
	2			58,214	0,000		
	3			0,000	0,000		
Mei	1			19,989	0,000		
	2			0,000	0,000		
	3			0,000	0,000		
Jun	1			20,463	0,000		
	2			27,127	0,000		
	3			40,557	0,000		
Jul	1					42,639	12,674
	2					56,822	13,613
	3					80,250	15,492
Agt	1					92,244	24,043
	2					79,394	27,420
	3					67,017	29,916
Sep	1					76,796	41,037
	2					80,987	41,523
	3					84,202	41,523
Okt	1					82,778	32,986
	2					75,097	19,792
	3					54,264	0,000
Total	m <sup>3</sup> /ha	221,464	0,000	198,330	0,000	872,490	300,018

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Tabel 4.60

Volume Kebutuhan Air Irigasi Berdasarkan Pola Tata Tanam Alternatif 7

Bulan	Periode	Musim Tanam I (m <sup>3</sup> /ha)		Musim Tanam II (m <sup>3</sup> /ha)		Musim Tanam III (m <sup>3</sup> /ha)	
		Padi	Tebu	Padi	Tebu	Padi	Tebu
Nov	1	17,507	18,716				
	2	49,193	18,414				
	3	0,000	0,000				
Des	1	81,947	12,393				
	2	31,130	0,000				
	3	0,000	0,000				
Jan	1	0,000	0,000				
	2	0,000	0,000				
	3	0,000	0,000				
Feb	1	0,000	0,000				
	2	0,000	0,000				
	3	0,000	0,000				
Mar	1			0,000	0,000		
	2			0,000	0,000		
	3			22,171	0,000		
Apr	1			9,809	0,000		
	2			58,214	13,828		
	3			0,000	0,000		
Mei	1			19,989	0,000		
	2			0,000	0,000		
	3			0,000	0,000		
Jun	1			20,463	0,000		
	2			27,127	1,505		
	3			40,557	23,825		
Jul	1					42,639	26,665
	2					56,822	26,905
	3					80,250	25,945
Agu	1					82,304	34,688
	2					49,382	34,688
	3					16,461	34,688
Sep	1					1,389	42,251
	2					4,167	38,609
	3					6,944	34,967
Okt	1					8,333	30,555
	2					6,944	27,778
	3					4,167	25,000
Total	m <sup>3</sup> /ha	179,777	49,524	198,330	39,159	359,802	382,738

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

#### 4.11. Analisis Hasil Usaha Tani

Pendapatan atau hasil usaha merupakan balas jasa terhadap penggunaan faktor – faktor produksi. Hasil usaha tani merupakan hasil pendapatan bersih petani yang di dapat dari hasil yang diterima petani dikurangi biaya produksi tiap hektarnya. Penerimaan petani yaitu banyaknya hasil produksi tanaman tiap hektar dikalikan dengan harga produksi tanaman tersebut. Adapun fungsi hasil usaha tani untuk memenuhi kebutuhan sehari – hari dan kebutuhan kegiatan usahatani selanjutnya.

Faktor - faktor yang mempengaruhi hasil usaha tani dibagi menjadi dua yaitu faktor – faktor intern dan ekstern. Faktor - faktor intern yang mempengaruhi hasil usaha tani yaitu kesuburan lahan, luas lahan, ketersediaan tenaga kerja, ketersediaan modal dalam usaha tani, penggunaan teknologi, pola tata tanam, lokasi tanam, dan lain – lain. Sedangkan faktor - faktor ekstern yang mempengaruhi hasil usaha tani yaitu penemuan teknologi baru, fasilitas irigasi, dan sebagainya.

Pendapatan usaha tani dibedakan menjadi pendapatan atas biaya tunai dan pendapatan atas biaya total. Dimana pendapatan atas biaya tunai merupakan pendapatan yang diperoleh atas biaya - biaya yang dikeluarkan oleh petani, sedangkan pendapatan atas biaya total merupakan pendapatan setelah dikurangi biaya tunai dan biaya yang diperhitungkan.

Hasil perhitungan ini berupa pendapatan bersih untuk masing-masing tanaman yang akan digunakan sebagai fungsi tujuan pada perhitungan keuntungan yang akan dicapai. Perhitungan hasil analisis usaha tani dapat dilihat pada Tabel 4.61 sampai Tabel 4.65 berikut ini.

Tabel 4.61

Analisis Usaha Tani Padi Tahun 2017 di Kabupaten Pasuruan

No.	Uraian	Volume	Biaya Satuan	Jumlah
A	BIAYA USAHA TANI			
1.	Biaya Tenaga Kerja			
	Penyiapan lahan	1	1.200.000	1.200.000
	Mopok tamping galengan	10	22.500	225.000
	Persemaian	2	22.500	45.000
	Cabut bibit	2	30.000	60.000
	Garet	2	25.000	50.000
	Tanam	45	20.000	900.000
	Pengendalian opt	5	22.500	112.500
	Penyiangan 15 x 2 kali	30	20.000	600.000
	Panen borongan	-	-	1.650.000
	Transport ke rumah dan tenaga kerja	8	75.000	600.000
	Jumlah Tenaga Kerja			5.442.500
2.	Sarana Produksi			
	Benih varietas impari	25		200.000
	Pupuk Urea	200		360.000
	Pupuk Phonska	300		690.000
	Pupuk organik	1000		1.000.000
	Jumlah Saprodu			2.250.000
3.	Lain-lain			
	Iuran HIPPA/tahun			200.000
	Jumlah Lain-lain			200.000
	Jumlah Total			7.892.500
B	PENDAPATAN PETANI			
	Produksi = 7.900 kg			
	Harga jual Rp.8000 per kg (sekitar bulan Januari 2017)			
	8.400 kg x Rp. 8000 =			
C	KEUNTUNGAN	63.200.000	7.892.500	55.307.500

Sumber: Dinas Pertanian Kabupaten Pasuruan, 2017

Tabel 4.62

Analisis Usaha Tani Jagung Tahun 2017 di Kabupaten Pasuruan

No.	Uraian	Volume	Biaya Satuan	Jumlah
A	BIAYA USAHA TANI			
	1. Biaya Tenaga Kerja	Per org	Rp	
	Tanam (sawah, tanpa olah tanah)	20	20.000	400.000
	Penyiangan 2 kali 30 orang	60	20.000	1.200.000
	Pemupukan 2 kali 5 orang	10	20.000	200.000
	Penyemprotan 2 kali 3 orang	6	20.000	120.000
	Panen	45	20.000	900.000
	Jumlah Tenaga Kerja			2.820.000
	2. Sarana Produksi	Per kg	Rp	
	Benih	15	45.000	675.000
	Pupuk Urea	400	1.600	640.000
	Pupuk Phonska	200	2.300	460.000
	Pupuk organik (tutup tanam)	500	500	250.000
	Pestisida	2	75.000	150.000
	Jumlah Saprodi			2.175.000
	Jumlah Total			4.995.000
B	PENDAPATAN PETANI	Per kg	Rp	
	Produksi panen	10.000	1.500	15.000.000
C	KEUNTUNGAN			10.005.000

Sumber: Dinas Pertanian Kabupaten Pasuruan, 2017

Tabel 4.63

Analisis Usaha Tani Kedelai Tahun 2017 di Kabupaten Pasuruan

No.	Uraian	Volume	Biaya Satuan	Jumlah
A	BIAYA USAHA TANI			
	1. Biaya Tenaga Kerja	Per org	Rp	
	Tanam (sawah, tanpa olah tanah)	25	20.000	500.000
	Penyiangan 2 kali 30 orang	60	20.000	1.200.000
	Pemupukan 2 kali 5 orang	10	20.000	200.000
	Penyemprotan 2 kali 3 orang	6	20.000	120.000
	Panen	30	20.000	600.000
	Jumlah Tenaga Kerja			2.620.000
	2. Sarana Produksi	Per kg	Rp	
	Benih	60	8.000	480.000
	Pupuk Urea	100	1.600	160.000
	Pupuk Phonska	100	2.300	230.000
	Pupuk organik (tutup tanam)	500	500	250.000
	Pestisida	2	75.000	150.000
	Jumlah Saprodi			1.270.000
	Jumlah Total			3.890.000
B	PENDAPATAN PETANI	Per kg	Rp	
	Produksi panen	1.150	10.500	12.075.000
C	KEUNTUNGAN			8.185.000

Sumber: Dinas Pertanian Kabupaten Pasuruan, 2017

Tabel 4.64

Analisis Usaha Tani Kacang Tanah Tahun 2017 di Kabupaten Pasuruan

No.	Uraian	Volume	Biaya Satuan	Jumlah
A	BIAYA USAHA TANI			
	1. Biaya Tenaga Kerja	Per org	Rp	
	Tanam (sawah, tanpa olah tanah)	25	20.000	500.000
	Penyiangan 2 kali 30 orang	60	20.000	1.200.000
	Pemupukan 2 kali 5 orang	10	20.000	200.000
	Penyemprotan 2 kali 3 orang	6	20.000	120.000
	Panen	45	20.000	900.000
		Jumlah Tenaga Kerja		2.820.000
	2. Sarana Produksi	Per kg	Rp	
	Benih	60	8.000	480.000
	Pupuk Urea	100	1.600	160.000
	Pupuk Phonska	100	2.300	230.000
	Pupuk organik (tutup tanam)	500	500	250.000
	Pestisida	2	75.000	150.000
		Jumlah Saprodi		1.270.000
		Jumlah Total		4.090.000
B	PENDAPATAN PETANI	Per kg	Rp	
	Produksi panen	12.000	1.400	16.800.000
C	KEUNTUNGAN			12.710.000

Sumber: Dinas Pertanian Kabupaten Pasuruan, 2017

Tabel 4.65

Analisis Usaha Tani Tebu Tahun 2017 di Kabupaten Pasuruan

No.	Uraian	Volume	Biaya Satuan	Jumlah
A	BIAYA USAHA TANI			
1.	Biaya Tenaga Kerja			
	Kepras	1 kali	800.000	800.000
	Putus akar	8 HK hewan	50.000	400.000
	Sulam	15 HOK	20.000	300.000
	Penyiangan I	30 HOK	20.000	600.000
	Penyiangan II	30 HOK	20.000	600.000
	Pemupukan susulan I	6 HOK	20.000	120.000
	Pemupukan susulan II	6 HOK	20.000	120.000
	Urug/turun tanah I	50 HOK	20.000	1000.000
	Urug/turun tanah II	50 HOK	20.000	1000.000
	Roges I	25 HOK	20.000	500.000
	Roges akhir	25 HOK	20.000	50.000
	Jumlah Tenaga Kerja			5.940.000
2.	Sarana Produksi			
	Pupuk NPK	4 kwt	175.000	700.000
	Pupuk ZA	7 kwt	105.000	735.000
	Pupuk organik	7 ton	400.000	2.800.000
	Jumlah Saprodil			4.235.000
3.	Biaya Tebang Angkut			
	Tebang	1200 kwt	4.000	4.800.000
	Angkut	1200 kwt	3.500	4.200.000
	Uang makan sopir	14 rit	30.000	420.000
	Jumlah Biaya Tebang Angkut			9.420.000
4.	Lain-lain			
	Perawatan alat	1 unit		250.000
	Jumlah Total			19.845.000
B	PENDAPATAN PETANI			
	Tebu	1200 kwt	45.600	54.720.000
C	KEUNTUNGAN			34.875.000

Sumber: Dinas Pertanian Kabupaten Pasuruan, 2017

#### 4.12. Pemodelan Optimasi Program Linier

Penggunaan model optimasi dalam studi ini merupakan analisis kondisi eksisting kebutuhan air irigasi terhadap ketersediaan air berdasarkan debit andalan 80% yang mewakili debit air rendah dan debit andalan 50% yang mewakili debit air normal akibat pengaruh dari pergeseran musim terhadap perubahan iklim. Dalam studi ini akan dilakukan analisis dua optimasi yaitu, optimasi eksisting (direncanakan sebelum pergeseran musim) dan optimasi alternatif (direncanakan setelah pergeseran musim).

Pergeseran musim ditinjau dari jumlah dan pola presipitasi mengakibatkan pergeseran awal musim penghujan dan musim kemarau. Rentang musim kemarau yang lebih panjang memberikan input debit air mengalami penurunan berkepanjangan. Panjang musim hujan cenderung singkat mengubah sifat hujan yang mempunyai intensitas semakin tinggi mengakibatkan adanya input kenaikan debit air dalam jangka waktu singkat. Kurang



optimalnya keseimbangan air irigasi pada musim-musim tanam tertentu, optimasi menjadikan suatu upaya untuk mengatasi permasalahan pemanfaatan air yang kurang efektif dan efisien, sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan dalam pengelolaan dan pemanfaatan air. Diharapkan dengan adanya optimasi, pengelolaan dan pemanfaatan air terhadap luas lahan yang ditanami dan keuntungan hasil produksi pertanian dapat dimaksimalkan dengan memerhatikan ketersediaan air yang ada. Tujuan dari optimasi ini merupakan untuk menganalisis perubahan jumlah dan pola curah hujan terhadap pemanfaatan air sebelum dan sesudah pergeseran musim serta bagaimana pengaruhnya terhadap intensitas tanam dan keuntungan hasil produksi pertanian di setiap musim tanam.

Pendekatan optimasi yang dilakukan berkaitan dengan analisis kondisi eksisting yang mengalami penurunan hasil produksi pertanian dan intensitas tanam. Dalam studi ini, optimasi akan dilakukan pada kondisi eksisting serta optimasi terhadap tujuh alternatif pola tata tanam yang di kembangkan sesuai luas lahan eksisting dan memanfaatkan ketersediaan air yang tersisa. Sehingga diharapkan alternatif pola tata tanam yang baru dapat meningkatkan nilai manfaat atau keuntungan dari masing-masing musim tanam dengan biaya produksi sawah per hektar.

Model optimasi adalah suatu proses pemilihan alternatif yang terbaik diantara sejumlah alternatif-alternatif solusi yang tersedia. Optimasi merupakan cara untuk membuat nilai suatu fungsi agar beberapa variabel yang ada menjadi maksimum dengan memperhatikan kendala-kendala yang ada.

Perumusan masalah dalam optimasi dengan Program Linier memiliki tiga macam variabel, yaitu variabel kendala, variabel putusan, dan fungsi tujuan.

#### 1) Variabel Putusan

Adalah variabel yang akan dicari dan memberi nilai. Nilai pada variabel putusan ini akan menjadi input bagi alternatif solusi dan akan menghasilkan suatu nilai output paling baik bagi tujuan yang hendak dicapai. Dalam studi ini variabel putusan yang diambil adalah penentuan luas lahan tiap jenis tanaman dalam satu daerah irigasi.

#### 2) Fungsi Tujuan

Adalah fungsi matematika yang harus dimaksimumkan atau diminimumkan, dan mencerminkan tujuan yang hendak dicapai. Dalam studi ini variabel tujuan yang ingin dicapai yaitu memaksimalkan nilai keuntungan dan luas lahan masing-masing tanaman untuk tiap musim tanam selama satu tahun serta mengatasi ketidakseimbangan neraca air irigasi.

### 3) Variabel Kendala

Adalah fungsi matematika yang menjadi kendala bagi usaha untuk memaksimumkan atau meminimumkan fungsi tujuan. Dalam suatu analisa optimasi, sumber daya yang akan dianalisa harus dalam keadaan terbatas. Keterbatasan sumber daya tersebut dinamakan sebagai syarat ikatan atau kendala. Fungsi kendala ini merupakan persamaan yang membatasi kegunaan utama dan bentuk fungsi kendala ini adalah luas total baku sawah. Kendala luas baku sawah ini yaitu luas lahan yang bisa ditanami oleh tanaman untuk setiap pola tata tanam. Selain itu juga keterbatasan ketersediaan air yang ada di daerah irigasi juga merupakan variabel kendala yang menjadi pembatas.

#### 4.13. Komponen Model Optimasi dengan Program Linier

Untuk memperoleh hasil yang efektif, metode yang digunakan dalam analisis ini mengacu pada persyaratan yang menyesuaikan kondisi di lapangan (eksisting). Adapun persyaratannya adalah sebagai berikut:

1. Daerah Irigasi Tanggul memiliki luas baku sawah 728 Ha. Luas baku sawah tersebut ditanami padi, jagung, kedelai, kacang tanah, dan tebu.
2. Ketersediaan air yang akan digunakan untuk mengoptimasi lahan menggunakan volume air debit andalan 50% (debit air normal) dan 80% (debit air rendah) dari data Kali Tanggul periode 10 harian tahun 2007 sampai tahun 2016 yang telah dikonversi menjadi volume ( $m^3$ ).
3. Pada kondisi eksisting, akibat adanya pergeseran musim penghujan sehingga awal musim tanam pada bulan November periode I hingga Desember periode I mengalami kekurangan air. Oleh karena itu, ada tiga solusi permasalahan yang dapat dilakukan, yaitu penggeseran awal tanam pada Desember periode II, atau perubahan jenis tanaman yang berkebutuhan air irigasi lebih kecil, maupun perubahan luas tanam setiap jenis tanaman.

Contoh perhitungan:

- Pola Tata Tanam Eksisting (direncanakan sebelum pergeseran musim)

Padi, Palawija (jagung), Tebu – Padi, Palawija (kedelai), Tebu – Padi, Palawija (kacang tanah), Tebu

## a. Fungsi Tujuan (Maksimalisasi)

Musim Tanam I

$$Z = 55.307.500 \sum_{10}^{28} X1a + 10.005.000 \sum_9^{28} X1b + 34.875.000 \sum_9^{28} X1c$$

Musim Tanam II

$$Z = 55.307.500 \sum_{10}^{28} X2a + 8.185.000 \sum_9^{28} X2b + 34.875.000 \sum_9^{28} X2c$$

Musim Tanam III

$$Z = 55.307.500 \sum_{10}^{28} X3a + 12.710.000 \sum_9^{28} X3b + 34.875.000 \sum_9^{28} X3c$$

Dimana:

Z = Nilai tujuan yang akan dicapai berupa keuntungan maksimum (Rp)

Diketahui:

Koefisien Fungsi Tujuan:

- A = Pendapatan produksi padi per satu musim tanam,  
= Rp 55.307.500/ha (Tabel 4.61)
- B = Pendapatan produksi jagung pada musim tanam I,  
= Rp 10.005.000/ha (Tabel 4.62)  
= Pendapatan produksi kedelai pada musim tanam II,  
= Rp 8.185.000/ha (Tabel 4.63)  
= Pendapatan produksi kacang tanah pada musim tanam III,  
= Rp 12.710.000/ha (Tabel 4.64)
- C = Pendapatan produksi tebu per satu musim tanam,  
= Rp 34.875.000/ha (Tabel 4.65)

## b. Variabel Keputusan :

 $X_{1a}$  = Luasan tanam padi pada musim tanam I (ha) $X_{2a}$  = Luasan tanaman padi pada musim tanam II (ha) $X_{3a}$  = Luasan tanaman padi pada musim tanam III (ha) $X_{1b}$  = Luasan tanaman jagung pada musim tanam I (ha) $X_{2b}$  = Luasan tanaman kedelai pada musim tanam II (ha) $X_{3b}$  = Luasan tanaman kacang tanah pada musim tanam III (ha) $X_{1c}$  = Luasan tanaman tebu pada musim tanam I (ha)

$X_{2c}$  = Luasan tanaman tebu pada musim tanam II (ha)

$X_{3c}$  = Luasan tanaman tebu pada musim tanam III (ha)

c. Fungsi Kendala

- Luas lahan:

$$X_{1a} + X_{1b} + X_{1c} \leq X_t$$

$$X_{2a} + X_{2b} + X_{2c} \leq X_t$$

$$X_{3a} + X_{3b} + X_{3c} \leq X_t$$

$X_t$  = luas total baku sawah eksisting Daerah Irigasi Tanggul 728 ha

$$X_{1c} \leq X_c$$

$$X_{2c} \leq X_c$$

$$X_{3c} \leq X_c$$

Dengan ketentuan nilai  $X_{1c} = X_{2c} = X_{3c}$

$X_c$  = luas tanam tebu eksisting Daerah Irigasi Tanggul maksimal 35 ha

- Volume Air Tersedia ( $V_s$ )

$$V_{pd1} \cdot X_{1a} + V_{pj1} \cdot X_{1b} + V_{t1} \cdot X_{1c} \leq V_{s1}$$

$$V_{pd2} \cdot X_{2a} + V_{pj2} \cdot X_{2b} + V_{t2} \cdot X_{2c} \leq V_{s2}$$

$$V_{pd3} \cdot X_{3a} + V_{pj3} \cdot X_{3b} + V_{t3} \cdot X_{3c} \leq V_{s3}$$

Untuk debit andalan 80 % (debit air rendah)

$$\begin{aligned} V_{s1} &= \text{Volume Ketersediaan air 10 harian pada November periode I} \\ &= 42336,0 \text{ m}^3 \text{ (Tabel 4.51)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s2} &= \text{Volume Ketersediaan air 10 harian pada November periode II} \\ &= 43200,0 \text{ m}^3 \text{ (Tabel 4.51)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s3} &= \text{Volume Ketersediaan air 10 harian pada November periode III} \\ &= 44064,0 \text{ m}^3 \text{ (Tabel 4.51)} \end{aligned}$$

Untuk debit andalan 50 % (debit air normal)

$$\begin{aligned} V_{s1} &= \text{Volume Ketersediaan air 10 harian pada November periode I} \\ &= 50976,0 \text{ m}^3 \text{ (Tabel 4.52)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s2} &= \text{Volume Ketersediaan air 10 harian pada November periode II} \\ &= 50976,0 \text{ m}^3 \text{ (Tabel 4.52)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s3} &= \text{Volume Ketersediaan air 10 harian pada November periode III} \\ &= 50976,0 \text{ m}^3 \text{ (Tabel 4.52)} \end{aligned}$$

Diketahui:

Koefisien Fungsi Kendala :

$$V_{pd1} = \text{Kebutuhan air pada 10 harian, November periode I}$$

$$= 45,912 \text{ m}^3/\text{ha} \text{ (Tabel 4.53)}$$

$V_{pd2}$  = Kebutuhan air padi 10 harian, November periode II

$$= 59,193 \text{ m}^3/\text{ha} \text{ (Tabel 4.53)}$$

$V_{pd3}$  = Kebutuhan air padi 10 harian, November periode III

$$= 3,282 \text{ m}^3/\text{ha} \text{ (Tabel 4.53)}$$

$V_{pj1}$  = Kebutuhan air jagung 10 harian, November periode I

$$= 0,000 \text{ m}^3/\text{ha} \text{ (Tabel 4.53)}$$

$V_{pj2}$  = Kebutuhan air kedelai 10 harian, November periode II

$$= 0,000 \text{ m}^3/\text{ha} \text{ (Tabel 4.53)}$$

$V_{pj3}$  = Kebutuhan air kacang tanah 10 harian, November periode III

$$= 0,000 \text{ m}^3/\text{Ha} \text{ (Tabel 4.53)}$$

$V_{t1}$  = Kebutuhan air tebu 10 harian, November periode I

$$= 18,716 \text{ m}^3/\text{ha} \text{ (Tabel 4.53)}$$

$V_{t1}$  = Kebutuhan air tebu 10 harian, April Periode II

$$= 18,716 \text{ m}^3/\text{ha} \text{ (Tabel 4.53)}$$

$V_{t3}$  = Kebutuhan air tebu 10 harian, Agustus Periode II

$$= 0,000 \text{ m}^3/\text{ha} \text{ (Tabel 4.53)}$$

Untuk lebih jelasnya, dirincikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.66

Volume Air Tersedia Menjadi Variabel Kendala

Debit Andalan DI. Tanggul	Volume Air Tersedia ( $\text{m}^3$ )		
	Musim Tanam		
	MT I	MT II	MT III
Debit andalan 80%	623980,8	565056,0	419904,0
Debit andalan 50%	704160,0	612576,0	270432,0

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.67  
Luas Lahan Menjadi Variabel Kendala

No.	Variabel Kendala	Nomenklatur	Luas Lahan
1	X1	T. Sbr. Gunungsari	40 ha
2	X2	T. Sbr. Sidowayah	32 ha
3	X3	T. Sbr. Mindi	11 ha
4	X4	T. Tanggul 1 Kanan	104 ha
5	X5	T. Tanggul 2 Kanan	34 ha
6	X6	T. Kenep 1 Ka	22 ha
7	X7	T. Kenep 2 Ki	7 ha
8	X8	T. Kenep 2 Ka	13 ha
9	X9	T. Kenep 3 Ki	8 ha
10	X10	T. Kenep 3 Ka	28 ha
11	X11	T. Kenep 4 Ki	67 ha
12	X12	T. Kenep 4 Ka	16 ha
13	X13	T. Kenep 5 Ki	60 ha
14	X14	T. Kenep 6 Ki	60 ha
15	X15	T. Kenep 6 Ka	47 ha
16	X16	T. Gunungsari 1 Ka	4 ha
17	X17	T. Gunungsari 2 Ka	15 ha
18	X18	T. Gunungsari 3 Ka	2 ha
19	X19	T. Gunungsari 4 Ka	1 ha
20	X20	T. Gunungsari 5 Ka	11 ha
21	X21	T. Gunungsari 6 Ka	2 ha
22	X22	T. Gunungsari 7 Ki	19 ha
23	X23	T. Gunungsari 7 Ka	8 ha
24	X24	T. Gunungsari 8a Ki	7 ha
25	X25	T. Gunungsari 8b Ki	8 ha
26	X26	T. Gunungsari 9 Ka	10 ha
27	X27	T. Gunungsari 10 Ki	44 ha
28	X28	T. Gunungsari 10 Ka	48 ha

Sumber: Data Dinas PU Sumber Daya Air Kab. Pasuruan, 2017



Tabel 4.68

## Komponen Model Musim Tanam I

No.	Komponen Model	Variabel	Nomenklatur
1	Padi	X1a	T. Sbr. Gunungsari
2	Padi	X1a	T. Sbr. Sidowayah
3	Padi	X1a	T. Sbr. Mindi
4	Padi	X1a	T. Tanggul 1 Kanan
5	Padi	X1a	T. Tanggul 2 Kanan
6	Padi	X1a	T. Kenep 1 Ka
7	Padi	X1a	T. Kenep 2 Ki
8	Padi	X1a	T. Kenep 2 Ka
9	Padi	X1a	T. Kenep 3 Ki
10	Padi	X1a	T. Kenep 3 Ka
11	Palawija (jagung)	X1b	T. Kenep 4 Ki
12	Palawija (kedelai)	X1b	T. Kenep 4 Ka
13	Palawija (kacang tanah)	X1b	T. Kenep 5 Ki
14	Palawija (jagung)	X1b	T. Kenep 6 Ki
15	Palawija (kedelai)	X1b	T. Kenep 6 Ka
16	Palawija (kacang tanah)	X1b	T. Gunungsari 1 Ka
17	Palawija (jagung)	X1b	T. Gunungsari 2 Ka
18	Palawija (kedelai)	X1b	T. Gunungsari 3 Ka
19	Palawija (kacang tanah)	X1b	T. Gunungsari 4 Ka
20	Tebu	X1c	T. Gunungsari 5 Ka
21	Tebu	X1c	T. Gunungsari 6 Ka
22	Tebu	X1c	T. Gunungsari 7 Ki
23	Tebu	X1c	T. Gunungsari 7 Ka
24	Tebu	X1c	T. Gunungsari 8a Ki
25	Tebu	X1c	T. Gunungsari 8b Ki
26	Tebu	X1c	T. Gunungsari 9 Ka
27	Tebu	X1c	T. Gunungsari 10 Ki
28	Tebu	X1c	T. Gunungsari 10 Ka

Sumber: Data Dinas PU Sumber Daya Air Kab. Pasuruan, 2017

Tabel 4.69

## Komponen Model Musim Tanam II

No.	Komponen Model	Variabel	Nomenklatur
1	Padi	X2a	T. Sbr. Gunungsari
2	Padi	X2a	T. Sbr. Sidowayah
3	Padi	X2a	T. Sbr. Mindi
4	Padi	X2a	T. Tanggul 1 Kanan
5	Padi	X2a	T. Tanggul 2 Kanan
6	Padi	X2a	T. Kenep 1 Ka
7	Padi	X2a	T. Kenep 2 Ki
8	Padi	X2a	T. Kenep 2 Ka
9	Padi	X2a	T. Kenep 3 Ki
10	Padi	X2a	T. Kenep 3 Ka
11	Palawija (jagung)	X2b	T. Kenep 4 Ki
12	Palawija (kedelai)	X2b	T. Kenep 4 Ka
13	Palawija (kacang tanah)	X2b	T. Kenep 5 Ki
14	Palawija (jagung)	X2b	T. Kenep 6 Ki
15	Palawija (kedelai)	X2b	T. Kenep 6 Ka
16	Palawija (kacang tanah)	X2b	T. Gunungsari 1 Ka
17	Palawija (jagung)	X2b	T. Gunungsari 2 Ka
18	Palawija (kedelai)	X2b	T. Gunungsari 3 Ka
19	Palawija (kacang tanah)	X2b	T. Gunungsari 4 Ka
20	Tebu	X2c	T. Gunungsari 5 Ka
21	Tebu	X2c	T. Gunungsari 6 Ka
22	Tebu	X2c	T. Gunungsari 7 Ki
23	Tebu	X2c	T. Gunungsari 7 Ka
24	Tebu	X2c	T. Gunungsari 8a Ki
25	Tebu	X2c	T. Gunungsari 8b Ki
26	Tebu	X2c	T. Gunungsari 9 Ka
27	Tebu	X2c	T. Gunungsari 10 Ki
28	Tebu	X2c	T. Gunungsari 10 Ka

Sumber: Data Dinas PU Sumber Daya Air Kab. Pasuruan, 2017

Tabel 4.70

## Komponen Model Musim Tanam III

No.	Komponen Model	Variabel	Nomenklatur
1	Padi	X3a	T. Sbr. Gunungsari
2	Padi	X3a	T. Sbr. Sidowayah
3	Padi	X3a	T. Sbr. Mindi
4	Padi	X3a	T. Tanggul 1 Kanan
5	Padi	X3a	T. Tanggul 2 Kanan
6	Padi	X3a	T. Kenep 1 Ka
7	Padi	X3a	T. Kenep 2 Ki
8	Padi	X3a	T. Kenep 2 Ka
9	Padi	X3a	T. Kenep 3 Ki
10	Padi	X3a	T. Kenep 3 Ka
11	Palawija (jagung)	X3b	T. Kenep 4 Ki
12	Palawija (kedelai)	X3b	T. Kenep 4 Ka
13	Palawija (kacang tanah)	X3b	T. Kenep 5 Ki
14	Palawija (jagung)	X3b	T. Kenep 6 Ki
15	Palawija (kedelai)	X3b	T. Kenep 6 Ka
16	Palawija (kacang tanah)	X3b	T. Gunungsari 1 Ka
17	Palawija (jagung)	X3b	T. Gunungsari 2 Ka
18	Palawija (kedelai)	X3b	T. Gunungsari 3 Ka
19	Palawija (kacang tanah)	X3b	T. Gunungsari 4 Ka
20	Tebu	X3c	T. Gunungsari 5 Ka
21	Tebu	X3c	T. Gunungsari 6 Ka
22	Tebu	X3c	T. Gunungsari 7 Ki
23	Tebu	X3c	T. Gunungsari 7 Ka
24	Tebu	X3c	T. Gunungsari 8a Ki
25	Tebu	X3c	T. Gunungsari 8b Ki
26	Tebu	X3c	T. Gunungsari 9 Ka
27	Tebu	X3c	T. Gunungsari 10 Ki
28	Tebu	X3c	T. Gunungsari 10 Ka

Sumber: Data Dinas PU Sumber Daya Air Kab. Pasuruan, 2017

Tabel 4.71  
Model Matematika Kendala Luas PTT Eksisting (Sebelum Pergeseran Musim)

Bulan	Periode	Padi	Musim Tanam I				Luas		Musim Tanam II			Luas		Musim Tanam III			Luas		
			Jagung		Tebu		Lahan		Padi	Kedelai	Tebu		Lahan		Padi	Kacang Tanah	Tebu		Lahan
Nov	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
Des	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
Jan	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
Feb	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
Mar	1							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	2							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	3							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
Apr	1							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	2							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	3							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
Mei	1							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	2							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	3							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
Jun	1							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	2							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	3							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
Jul	1												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	2												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	3												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
Agt	1												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	2												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	3												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
Sep	1												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	2												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	3												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
Okt	1												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	2												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	3												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.72  
Model Matematika Kendala Luas PTT Alt 1 (Setelah Pergeseran Musim)

Bulan	Period e	Padi	Musim Tanam I				Luas		Musim Tanam II				Luas		Musim Tanam III				Luas		
			Kedelai		Tebu		Lahan	Padi	Kacang Tanah		Tebu	Lahan	Padi	Jagung		Tebu	Lahan				
Nov	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>													
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>													
Des	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>													
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>													
Jan	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>													
	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>													
Feb	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>													
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>													
Mar	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>													
	2								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>						
Apr	3								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>						
	1								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>						
Mei	2								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>						
	3								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>						
Jun	1								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>						
	2								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>						
Jul	3								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>						
	1								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>						
Agu	2														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	3														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
Sep	1														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	2														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
Okt	3														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	1														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
Nov	2														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.73  
Model Matematika Kendala Luas PTT Alt 2 (Setelah Pergeseran Musim)

Bulan	Periode	Musim Tanam I						Musim Tanam II				Musim Tanam III				
		Padi	Jagung		Tebu		Luas Lahan	Padi	Kedelai		Tebu	Luas Lahan	Padi	Kacang Tanah	Tebu	Luas Lahan
Des	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>								
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>								
	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>								
Jan	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>								
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>								
	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>								
Feb	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>								
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>								
	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>								
Mar	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>								
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>								
	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>								
Apr	2							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	3							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	1							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
Mei	2							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	3							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	1							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
Jun	2							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	3							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	1							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
Jul	2							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	3							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	1							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
Agu	2											X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>
	3											X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>
	1											X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>
Sep	2											X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>
	3											X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>
	1											X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>
Okt	2											X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>
	3											X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>
	1											X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>
Nov	2											X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>
	3											X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>
	1											X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>
Des	1											X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Tabel 4.74  
Model Matematika Kendala Luas PTT Alt 3 (Setelah Pergeseran Musim)

Bulan	Periode	Musim Tanam I						Musim Tanam II						Musim Tanam III					
		Padi	Jagung		Tebu		Luas Lahan	Padi	Kacang Tanah		Tebu		Luas Lahan	Padi	Tebu		Luas Lahan		
Nov	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
Des	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
Jan	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
Feb	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>											
Mar	1								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>				
	2								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>				
	3								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>				
Apr	1								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>				
	2								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>				
	3								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>				
Mei	1								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>				
	2								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>				
	3								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>				
Jun	1								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>				
	2								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>				
	3								X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2b</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>				
Jul	1														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	2														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	3														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
Agt	1														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	2														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	3														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
Sep	1														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	2														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	3														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
Okt	1														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	2														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	3														X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.75  
Model Matematika Kendala Luas PTT Alt 4 (Setelah Pergeseran Musim)

Bulan	Periode	Musim Tanam I				Musim Tanam II				Musim Tanam III											
		Padi		Tebu		Luas Lahan		Padi		Tebu		Luas Lahan		Padi		Kacang Tanah		Tebu		Luas Lahan	
Nov	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>															
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>															
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>															
Des	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>															
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>															
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>															
Jan	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>															
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>															
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>															
Feb	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>															
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>															
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>															
Mar	1						X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>										
	2						X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>										
	3						X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>										
Apr	1						X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>										
	2						X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>										
	3						X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>										
Mei	1						X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>										
	2						X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>										
	3						X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>										
Jun	1						X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>										
	2						X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>										
	3						X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>										
Jul	1												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	2												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	3												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
Agt	1												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	2												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	3												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
Sep	1												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	2												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	3												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
Okt	1												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	2												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		
	3												X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.76  
Model Matematika Kendala Luas PTT Alt 5 (Setelah Pergeseran Musim)

Bulan	Periode	Padi	Musim Tanam I				Luas Lahan	Musim Tanam II		Luas Lahan	Padi	Musim Tanam III		Luas Lahan			
			Jagung		Tebu			Padi	Tebu			Kacang Tanah	Tebu				
Nov	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>									
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>									
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>									
Des	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>									
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>									
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>									
Jan	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>									
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>									
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>									
Feb	1	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>									
	2	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>									
	3	X <sub>1a</sub>	+	X <sub>1b</sub>	+	X <sub>1c</sub>	≤	X <sub>t</sub>									
Mar	1							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	2							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	3							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
Apr	1							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	2							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	3							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
Mei	1							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	2							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	3							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
Jun	1							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	2							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
	3							X <sub>2a</sub>	+	X <sub>2c</sub>	≤	X <sub>t</sub>					
Jul	1										X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	2										X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	3										X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
Agt	1										X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	2										X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	3										X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
Sep	1										X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	2										X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	3										X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
Okt	1										X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	2										X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>
	3										X <sub>3a</sub>	+	X <sub>3b</sub>	+	X <sub>3c</sub>	≤	X <sub>t</sub>

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.77  
Model Matematika Kendala Luas PTT Alt 6 (Setelah Pergeseran Musim)

Bulan	Periode	Musim Tanam I			Luas Lahan	Musim Tanam II			Luas Lahan	Musim Tanam III			Luas Lahan
		Padi		Jagung		Padi		Kedelai		Padi		Kacang Tanah	
Nov	1	$X_{1a}$	+	$X_{1b}$	$\leq$	$X_t$							
	2	$X_{1a}$	+	$X_{1b}$	$\leq$	$X_t$							
	3	$X_{1a}$	+	$X_{1b}$	$\leq$	$X_t$							
Des	1	$X_{1a}$	+	$X_{1b}$	$\leq$	$X_t$							
	2	$X_{1a}$	+	$X_{1b}$	$\leq$	$X_t$							
	3	$X_{1a}$	+	$X_{1b}$	$\leq$	$X_t$							
Jan	1	$X_{1a}$	+	$X_{1b}$	$\leq$	$X_t$							
	2	$X_{1a}$	+	$X_{1b}$	$\leq$	$X_t$							
	3	$X_{1a}$	+	$X_{1b}$	$\leq$	$X_t$							
Feb	1	$X_{1a}$	+	$X_{1b}$	$\leq$	$X_t$							
	2	$X_{1a}$	+	$X_{1b}$	$\leq$	$X_t$							
	3	$X_{1a}$	+	$X_{1b}$	$\leq$	$X_t$							
Mar	1					$X_{2a}$	+	$X_{2b}$	+	$X_t$			
	2					$X_{2a}$	+	$X_{2b}$	+	$X_t$			
	3					$X_{2a}$	+	$X_{2b}$	+	$X_t$			
Apr	1					$X_{2a}$	+	$X_{2b}$	+	$X_t$			
	2					$X_{2a}$	+	$X_{2b}$	+	$X_t$			
	3					$X_{2a}$	+	$X_{2b}$	+	$X_t$			
Mei	1					$X_{2a}$	+	$X_{2b}$	+	$X_t$			
	2					$X_{2a}$	+	$X_{2b}$	+	$X_t$			
	3					$X_{2a}$	+	$X_{2b}$	+	$X_t$			
Jun	1					$X_{2a}$	+	$X_{2b}$	+	$X_t$			
	2					$X_{2a}$	+	$X_{2b}$	+	$X_t$			
	3					$X_{2a}$	+	$X_{2b}$	+	$X_t$			
Jul	1									$X_{3a}$	+	$X_{3b}$	$\leq$ $X_t$
	2									$X_{3a}$	+	$X_{3b}$	$\leq$ $X_t$
	3									$X_{3a}$	+	$X_{3b}$	$\leq$ $X_t$
Agt	1									$X_{3a}$	+	$X_{3b}$	$\leq$ $X_t$
	2									$X_{3a}$	+	$X_{3b}$	$\leq$ $X_t$
	3									$X_{3a}$	+	$X_{3b}$	$\leq$ $X_t$
Sep	1									$X_{3a}$	+	$X_{3b}$	$\leq$ $X_t$
	2									$X_{3a}$	+	$X_{3b}$	$\leq$ $X_t$
	3									$X_{3a}$	+	$X_{3b}$	$\leq$ $X_t$
Okt	1									$X_{3a}$	+	$X_{3b}$	$\leq$ $X_t$
	2									$X_{3a}$	+	$X_{3b}$	$\leq$ $X_t$
	3									$X_{3a}$	+	$X_{3b}$	$\leq$ $X_t$

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.78  
Model Matematika Kendala Luas PTT Alt 7 (Setelah Pergeseran Musim)

Bulan	Periode	Musim Tanam I			Luas Lahan	Musim Tanam II			Luas Lahan	Musim Tanam III			Luas Lahan
		Padi		Tebu		Padi		Tebu		Padi		Tebu	
Nov	1	$X_{1a}$	+	$X_{1c}$	$\leq$	$X_t$							
	2	$X_{1a}$	+	$X_{1c}$	$\leq$	$X_t$							
	3	$X_{1a}$	+	$X_{1c}$	$\leq$	$X_t$							
Des	1	$X_{1a}$	+	$X_{1c}$	$\leq$	$X_t$							
	2	$X_{1a}$	+	$X_{1c}$	$\leq$	$X_t$							
	3	$X_{1a}$	+	$X_{1c}$	$\leq$	$X_t$							
Jan	1	$X_{1a}$	+	$X_{1c}$	$\leq$	$X_t$							
	2	$X_{1a}$	+	$X_{1c}$	$\leq$	$X_t$							
	3	$X_{1a}$	+	$X_{1c}$	$\leq$	$X_t$							
Feb	1	$X_{1a}$	+	$X_{1c}$	$\leq$	$X_t$							
	2	$X_{1a}$	+	$X_{1c}$	$\leq$	$X_t$							
	3	$X_{1a}$	+	$X_{1c}$	$\leq$	$X_t$							
Mar	1					$X_{2a}$	+	$X_{2c}$	$\leq$	$X_t$			
	2					$X_{2a}$	+	$X_{2c}$	$\leq$	$X_t$			
	3					$X_{2a}$	+	$X_{2c}$	$\leq$	$X_t$			
Apr	1					$X_{2a}$	+	$X_{2c}$	$\leq$	$X_t$			
	2					$X_{2a}$	+	$X_{2c}$	$\leq$	$X_t$			
	3					$X_{2a}$	+	$X_{2c}$	$\leq$	$X_t$			
Mei	1					$X_{2a}$	+	$X_{2c}$	$\leq$	$X_t$			
	2					$X_{2a}$	+	$X_{2c}$	$\leq$	$X_t$			
	3					$X_{2a}$	+	$X_{2c}$	$\leq$	$X_t$			
Jun	1					$X_{2a}$	+	$X_{2c}$	$\leq$	$X_t$			
	2					$X_{2a}$	+	$X_{2c}$	$\leq$	$X_t$			
	3					$X_{2a}$	+	$X_{2c}$	$\leq$	$X_t$			
Jul	1									$X_{3a}$	+	$X_{3c}$	$\leq$ $X_t$
	2									$X_{3a}$	+	$X_{3c}$	$\leq$ $X_t$
	3									$X_{3a}$	+	$X_{3c}$	$\leq$ $X_t$
Agu	1									$X_{3a}$	+	$X_{3c}$	$\leq$ $X_t$
	2									$X_{3a}$	+	$X_{3c}$	$\leq$ $X_t$
	3									$X_{3a}$	+	$X_{3c}$	$\leq$ $X_t$
Sep	1									$X_{3a}$	+	$X_{3c}$	$\leq$ $X_t$
	2									$X_{3a}$	+	$X_{3c}$	$\leq$ $X_t$
	3									$X_{3a}$	+	$X_{3c}$	$\leq$ $X_t$
Okt	1									$X_{3a}$	+	$X_{3c}$	$\leq$ $X_t$
	2									$X_{3a}$	+	$X_{3c}$	$\leq$ $X_t$
	3									$X_{3a}$	+	$X_{3c}$	$\leq$ $X_t$

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.79  
Model Matematika Kendala Volume Ketersediaan PTT Eksisting

Bulan	Periode	Musim Tanam I				Musim Tanam II				Musim Tanam III			
		Padi	Jagung	Tebu	Volume	Padi	Kedelai	Tebu	Volume	Padi	Kacang Tanah	Tebu	Volume
Nov	1	$V_{pd1a} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1a} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1a} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1a}$					
	2	$V_{pd1b} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1b} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1b} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1b}$					
	3	$V_{pd1c} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1c} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1c} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1c}$					
Des	1	$V_{pd1d} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1d} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1d} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1d}$					
	2	$V_{pd1e} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1e} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1e} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1e}$					
	3	$V_{pd1f} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1f} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1f} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1f}$					
Jan	1	$V_{pd1g} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1g} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1g} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1g}$					
	2	$V_{pd1h} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1h} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1h} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1h}$					
	3	$V_{pd1i} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1i} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1i} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1i}$					
Feb	1	$V_{pd1j} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1j} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1j} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1j}$					
	2	$V_{pd1k} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1k} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1k} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1k}$					
	3	$V_{pd1l} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1l} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1l} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1l}$					
Mar	1					$V_{pd2a} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2a} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2a} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2a}$	
	2					$V_{pd2b} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2b} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2b} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2b}$	
	3					$V_{pd2c} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2c} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2c} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2c}$	
Apr	1					$V_{pd2d} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2d} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2d} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2d}$	
	2					$V_{pd2e} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2e} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2e} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2e}$	
	3					$V_{pd2f} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2f} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2f} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2f}$	
Mei	1					$V_{pd2g} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2g} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2g} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2g}$	
	2					$V_{pd2h} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2h} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2h} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2h}$	
	3					$V_{pd2i} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2i} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2i} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2i}$	
Jun	1					$V_{pd2j} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2j} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2j} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2j}$	
	2					$V_{pd2k} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2k} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2k} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2k}$	
	3					$V_{pd2l} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2l} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2l} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2l}$	
Jul	1					$V_{pd3a} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3a} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3a} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3a}$	
	2					$V_{pd3b} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3b} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3b} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3b}$	
	3					$V_{pd3c} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3c} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3c} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3c}$	
Agt	1					$V_{pd3d} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3d} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3d} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3d}$	
	2					$V_{pd3e} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3e} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3e} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3e}$	
	3					$V_{pd3f} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3f} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3f} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3f}$	
Sep	1					$V_{pd3g} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3g} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3g} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3g}$	
	2					$V_{pd3h} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3h} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3h} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3h}$	
	3					$V_{pd3i} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3i} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3i} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3i}$	
Okt	1					$V_{pd3j} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3j} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3j} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3j}$	
	2					$V_{pd3k} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3k} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3k} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3k}$	
	3					$V_{pd3l} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3l} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3l} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3l}$	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Tabel 4.80  
Model Matematika Kendala Volume Ketersediaan PTT Alternatif 1

Bulan	Periode	Musim Tanam I				Musim Tanam II				Musim Tanam III						
		Padi	Kedelai	Tebu	Volume	Padi	Kacang Tanah	Tebu	Volume	Padi	Jagung	Tebu	Volume			
Nov	2	$V_{pd1a}.X_{1a}$	+	$V_{pj1a}.X_{1b}$	+	$V_{t1a}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1a}$								
	3	$V_{pd1b}.X_{1a}$	+	$V_{pj1b}.X_{1b}$	+	$V_{t1b}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1b}$								
	1	$V_{pd1c}.X_{1a}$	+	$V_{pj1c}.X_{1b}$	+	$V_{t1c}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1c}$								
Des	2	$V_{pd1d}.X_{1a}$	+	$V_{pj1d}.X_{1b}$	+	$V_{t1d}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1d}$								
	3	$V_{pd1e}.X_{1a}$	+	$V_{pj1e}.X_{1b}$	+	$V_{t1e}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1e}$								
	1	$V_{pd1f}.X_{1a}$	+	$V_{pj1f}.X_{1b}$	+	$V_{t1f}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1f}$								
Jan	2	$V_{pd1g}.X_{1a}$	+	$V_{pj1g}.X_{1b}$	+	$V_{t1g}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1g}$								
	3	$V_{pd1h}.X_{1a}$	+	$V_{pj1h}.X_{1b}$	+	$V_{t1h}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1h}$								
	1	$V_{pd1i}.X_{1a}$	+	$V_{pj1i}.X_{1b}$	+	$V_{t1i}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1i}$								
Feb	2	$V_{pd1j}.X_{1a}$	+	$V_{pj1j}.X_{1b}$	+	$V_{t1j}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1j}$								
	3	$V_{pd1k}.X_{1a}$	+	$V_{pj1k}.X_{1b}$	+	$V_{t1k}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1k}$								
	1	$V_{pd1l}.X_{1a}$	+	$V_{pj1l}.X_{1b}$	+	$V_{t1l}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1l}$								
Mar	2					$V_{pd2a}.X_{2a}$	+	$V_{pj2a}.X_{2b}$	+	$V_{t2a}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2a}$				
	3					$V_{pd2b}.X_{2a}$	+	$V_{pj2b}.X_{2b}$	+	$V_{t2b}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2b}$				
	1					$V_{pd2c}.X_{2a}$	+	$V_{pj2c}.X_{2b}$	+	$V_{t2c}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2c}$				
Apr	2					$V_{pd2d}.X_{2a}$	+	$V_{pj2d}.X_{2b}$	+	$V_{t2d}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2d}$				
	3					$V_{pd2e}.X_{2a}$	+	$V_{pj2e}.X_{2b}$	+	$V_{t2e}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2e}$				
	1					$V_{pd2f}.X_{2a}$	+	$V_{pj2f}.X_{2b}$	+	$V_{t2f}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2f}$				
Mei	2					$V_{pd2g}.X_{2a}$	+	$V_{pj2g}.X_{2b}$	+	$V_{t2g}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2g}$				
	3					$V_{pd2h}.X_{2a}$	+	$V_{pj2h}.X_{2b}$	+	$V_{t2h}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2h}$				
	1					$V_{pd2i}.X_{2a}$	+	$V_{pj2i}.X_{2b}$	+	$V_{t2i}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2i}$				
Jun	2					$V_{pd2j}.X_{2a}$	+	$V_{pj2j}.X_{2b}$	+	$V_{t2j}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2j}$				
	3					$V_{pd2k}.X_{2a}$	+	$V_{pj2k}.X_{2b}$	+	$V_{t2k}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2k}$				
	1					$V_{pd2l}.X_{2a}$	+	$V_{pj2l}.X_{2b}$	+	$V_{t2l}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2l}$				
Jul	2									$V_{pd3a}.X_{3a}$	+	$V_{pj3a}.X_{3b}$	+	$V_{t3a}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3a}$
	3									$V_{pd3b}.X_{3a}$	+	$V_{pj3b}.X_{3b}$	+	$V_{t3b}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3b}$
	1									$V_{pd3c}.X_{3a}$	+	$V_{pj3c}.X_{3b}$	+	$V_{t3c}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3c}$
Agu	2									$V_{pd3d}.X_{3a}$	+	$V_{pj3d}.X_{3b}$	+	$V_{t3d}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3d}$
	3									$V_{pd3e}.X_{3a}$	+	$V_{pj3e}.X_{3b}$	+	$V_{t3e}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3e}$
	1									$V_{pd3f}.X_{3a}$	+	$V_{pj3f}.X_{3b}$	+	$V_{t3f}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3f}$
Sep	2									$V_{pd3g}.X_{3a}$	+	$V_{pj3g}.X_{3b}$	+	$V_{t3g}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3g}$
	3									$V_{pd3h}.X_{3a}$	+	$V_{pj3h}.X_{3b}$	+	$V_{t3h}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3h}$
	1									$V_{pd3i}.X_{3a}$	+	$V_{pj3i}.X_{3b}$	+	$V_{t3i}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3i}$
Okt	2									$V_{pd3j}.X_{3a}$	+	$V_{pj3j}.X_{3b}$	+	$V_{t3j}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3j}$
	3									$V_{pd3k}.X_{3a}$	+	$V_{pj3k}.X_{3b}$	+	$V_{t3k}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3k}$
	1									$V_{pd3l}.X_{3a}$	+	$V_{pj3l}.X_{3b}$	+	$V_{t3l}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3l}$

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.81  
Model Matematika Kendala Volume Ketersediaan PTT Alternatif 2

Bulan	Periode	Musim Tanam I				Musim Tanam II				Musim Tanam III						
		Padi	Jagung	Tebu	Volume	Padi	Kedelai	Tebu	Volume	Padi	Kacang Tanah	Tebu	Volume			
Des	2	$V_{pd1a} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1a} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1a} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1a}$								
	3	$V_{pd1b} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1b} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1b} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1b}$								
	1	$V_{pd1c} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1c} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1c} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1c}$								
Jan	2	$V_{pd1d} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1d} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1d} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1d}$								
	3	$V_{pd1e} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1e} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1e} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1e}$								
	1	$V_{pd1f} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1f} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1f} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1f}$								
Feb	2	$V_{pd1g} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1g} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1g} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1g}$								
	3	$V_{pd1h} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1h} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1h} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1h}$								
	1	$V_{pd1i} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1i} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1i} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1i}$								
Mar	2	$V_{pd1j} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1j} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1j} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1j}$								
	3	$V_{pd1k} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1k} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1k} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1k}$								
	1	$V_{pd1l} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1l} \cdot X_{1b}$	+	$V_{tl1l} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1l}$								
Apr	2					$V_{pd2a} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2a} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2a} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2a}$				
	3					$V_{pd2b} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2b} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2b} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2b}$				
	1					$V_{pd2c} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2c} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2c} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2c}$				
Mei	2					$V_{pd2d} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2d} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2d} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2d}$				
	3					$V_{pd2e} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2e} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2e} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2e}$				
	1					$V_{pd2f} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2f} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2f} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2f}$				
Jun	2					$V_{pd2g} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2g} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2g} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2g}$				
	3					$V_{pd2h} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2h} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2h} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2h}$				
	1					$V_{pd2i} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2i} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2i} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2i}$				
Jul	2					$V_{pd2j} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2j} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2j} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2j}$				
	3					$V_{pd2k} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2k} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2k} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2k}$				
	1					$V_{pd2l} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2l} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2l} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2l}$				
Agu	2									$V_{pd3a} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3a} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3a} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3a}$
	3									$V_{pd3b} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3b} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3b} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3b}$
	1									$V_{pd3c} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3c} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3c} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3c}$
Sep	2									$V_{pd3d} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3d} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3d} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3d}$
	3									$V_{pd3e} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3e} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3e} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3e}$
	1									$V_{pd3f} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3f} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3f} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3f}$
Okt	2									$V_{pd3g} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3g} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3g} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3g}$
	3									$V_{pd3h} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3h} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3h} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3h}$
	1									$V_{pd3i} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3i} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3i} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3i}$
Nov	2									$V_{pd3j} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3j} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3j} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3j}$
	3									$V_{pd3k} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3k} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3k} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3k}$
	1									$V_{pd3l} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3l} \cdot X_{3b}$	+	$V_{t3l} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3l}$

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.82  
Model Matematika Kendala Volume Ketersediaan PTT Alternatif 3

Bulan	Periode	Musim Tanam I						Musim Tanam II						Musim Tanam III						
		Padi		Jagung		Tebu		Volume	Padi		Kacang Tanah		Tebu		Volume	Padi		Tebu		Volume
Nov	1	$V_{pd1a} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1a} \cdot X_{1b}$	+	$V_{t1a} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1a}$												
	2	$V_{pd1b} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1b} \cdot X_{1b}$	+	$V_{t1b} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1b}$												
	3	$V_{pd1c} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1c} \cdot X_{1b}$	+	$V_{t1c} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1c}$												
Des	1	$V_{pd1d} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1d} \cdot X_{1b}$	+	$V_{t1d} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1d}$												
	2	$V_{pd1e} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1e} \cdot X_{1b}$	+	$V_{t1e} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1e}$												
	3	$V_{pd1f} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1f} \cdot X_{1b}$	+	$V_{t1f} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1f}$												
Jan	1	$V_{pd1g} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1g} \cdot X_{1b}$	+	$V_{t1g} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1g}$												
	2	$V_{pd1h} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1h} \cdot X_{1b}$	+	$V_{t1h} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1h}$												
	3	$V_{pd1i} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1i} \cdot X_{1b}$	+	$V_{t1i} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1i}$												
Feb	1	$V_{pd1j} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1j} \cdot X_{1b}$	+	$V_{t1j} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1j}$												
	2	$V_{pd1k} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1k} \cdot X_{1b}$	+	$V_{t1k} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1k}$												
	3	$V_{pd1l} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1l} \cdot X_{1b}$	+	$V_{t1l} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1l}$												
Mar	1							$V_{pd2a} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2a} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2a} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2a}$						
	2							$V_{pd2b} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2b} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2b} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2b}$						
	3							$V_{pd2c} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2c} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2c} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2c}$						
Apr	1							$V_{pd2d} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2d} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2d} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2d}$						
	2							$V_{pd2e} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2e} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2e} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2e}$						
	3							$V_{pd2f} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2f} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2f} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2f}$						
Mei	1							$V_{pd2g} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2g} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2g} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2g}$						
	2							$V_{pd2h} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2h} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2h} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2h}$						
	3							$V_{pd2i} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2i} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2i} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2i}$						
Jun	1							$V_{pd2j} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2j} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2j} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2j}$						
	2							$V_{pd2k} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2k} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2k} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2k}$						
	3							$V_{pd2l} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2l} \cdot X_{2b}$	+	$V_{t2l} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2l}$						
Jul	1													$V_{pd3a} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3a} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3a}$		
	2													$V_{pd3b} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3b} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3b}$		
	3													$V_{pd3c} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3c} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3c}$		
Agt	1													$V_{pd3d} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3d} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3d}$		
	2													$V_{pd3e} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3e} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3e}$		
	3													$V_{pd3f} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3f} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3f}$		
Sep	1													$V_{pd3g} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3g} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3g}$		
	2													$V_{pd3h} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3h} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3h}$		
	3													$V_{pd3i} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3i} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3i}$		
Okt	1													$V_{pd3j} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3j} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3j}$		
	2													$V_{pd3k} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3k} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3k}$		
	3													$V_{pd3l} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3l} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3l}$		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.83  
Model Matematika Kendala Volume Ketersediaan PTT Alternatif 4

Bulan	Periode	Musim Tanam I			Volume	Musim Tanam II			Volume	Musim Tanam III			Volume	
		Padi	Tebu			Padi	Tebu			Padi	Kacang Tanah	Tebu		
Nov	1	$V_{pd1a} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1a} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1a}$								
	2	$V_{pd1b} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1b} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1b}$								
	3	$V_{pd1c} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1c} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1c}$								
Des	1	$V_{pd1d} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1d} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1d}$								
	2	$V_{pd1e} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1e} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1e}$								
	3	$V_{pd1f} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1f} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1f}$								
Jan	1	$V_{pd1g} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1g} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1g}$								
	2	$V_{pd1h} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1h} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1h}$								
	3	$V_{pd1i} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1i} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1i}$								
Feb	1	$V_{pd1j} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1j} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1j}$								
	2	$V_{pd1k} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1k} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1k}$								
	3	$V_{pd1l} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1l} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$V_{S1l}$								
Mar	1					$V_{pd2a} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2a} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2a}$				
	2					$V_{pd2b} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2b} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2b}$				
	3					$V_{pd2c} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2c} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2c}$				
Apr	1					$V_{pd2d} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2d} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2d}$				
	2					$V_{pd2e} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2e} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2e}$				
	3					$V_{pd2f} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2f} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2f}$				
Mei	1					$V_{pd2g} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2g} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2g}$				
	2					$V_{pd2h} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2h} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2h}$				
	3					$V_{pd2i} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2i} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2i}$				
Jun	1					$V_{pd2j} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2j} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2j}$				
	2					$V_{pd2k} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2k} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2k}$				
	3					$V_{pd2l} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2l} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$V_{S2l}$				
Jul	1									$V_{pd3a} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3a} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3a}$
	2									$V_{pd3b} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3b} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3b}$
	3									$V_{pd3c} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3c} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3c}$
Agt	1									$V_{pd3d} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3d} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3d}$
	2									$V_{pd3e} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3e} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3e}$
	3									$V_{pd3f} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3f} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3f}$
Sep	1									$V_{pd3g} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3g} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3g}$
	2									$V_{pd3h} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3h} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3h}$
	3									$V_{pd3i} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3i} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3i}$
Okt	1									$V_{pd3j} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3j} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3j}$
	2									$V_{pd3k} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3k} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3k}$
	3									$V_{pd3l} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3l} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$V_{S3l}$

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.84  
Model Matematika Kendala Volume Ketersediaan PTT Alternatif 5

Bulan	Periode	Musim Tanam I				Volume	Musim Tanam II			Volume	Musim Tanam III				
		Padi	Jagung	Tebu			Padi	Tebu			Padi	Kacang Tanah	Tebu	Volume	
Nov	1	$V_{pd1a}.X_{1a}$	+	$V_{pj1a}.X_{1b}$	+	$V_{t1a}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1a}$							
	2	$V_{pd1b}.X_{1a}$	+	$V_{pj1b}.X_{1b}$	+	$V_{t1b}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1b}$							
	3	$V_{pd1c}.X_{1a}$	+	$V_{pj1c}.X_{1b}$	+	$V_{t1c}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1c}$							
Des	1	$V_{pd1d}.X_{1a}$	+	$V_{pj1d}.X_{1b}$	+	$V_{t1d}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1d}$							
	2	$V_{pd1e}.X_{1a}$	+	$V_{pj1e}.X_{1b}$	+	$V_{t1e}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1e}$							
	3	$V_{pd1f}.X_{1a}$	+	$V_{pj1f}.X_{1b}$	+	$V_{t1f}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1f}$							
Jan	1	$V_{pd1g}.X_{1a}$	+	$V_{pj1g}.X_{1b}$	+	$V_{t1g}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1g}$							
	2	$V_{pd1h}.X_{1a}$	+	$V_{pj1h}.X_{1b}$	+	$V_{t1h}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1h}$							
	3	$V_{pd1i}.X_{1a}$	+	$V_{pj1i}.X_{1b}$	+	$V_{t1i}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1i}$							
Feb	1	$V_{pd1j}.X_{1a}$	+	$V_{pj1j}.X_{1b}$	+	$V_{t1j}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1j}$							
	2	$V_{pd1k}.X_{1a}$	+	$V_{pj1k}.X_{1b}$	+	$V_{t1k}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1k}$							
	3	$V_{pd1l}.X_{1a}$	+	$V_{pj1l}.X_{1b}$	+	$V_{t1l}.X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1l}$							
Mar	1							$V_{pd2a}.X_{2a}$	+	$V_{t2a}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2a}$			
	2							$V_{pd2b}.X_{2a}$	+	$V_{t2b}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2b}$			
	3							$V_{pd2c}.X_{2a}$	+	$V_{t2c}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2c}$			
Apr	1							$V_{pd2d}.X_{2a}$	+	$V_{t2d}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2d}$			
	2							$V_{pd2e}.X_{2a}$	+	$V_{t2e}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2e}$			
	3							$V_{pd2f}.X_{2a}$	+	$V_{t2f}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2f}$			
Mei	1							$V_{pd2g}.X_{2a}$	+	$V_{t2g}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2g}$			
	2							$V_{pd2h}.X_{2a}$	+	$V_{t2h}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2h}$			
	3							$V_{pd2i}.X_{2a}$	+	$V_{t2i}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2i}$			
Jun	1							$V_{pd2j}.X_{2a}$	+	$V_{t2j}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2j}$			
	2							$V_{pd2k}.X_{2a}$	+	$V_{t2k}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2k}$			
	3							$V_{pd2l}.X_{2a}$	+	$V_{t2l}.X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2l}$			
Jul	1										$V_{pd3a}.X_{3a}$	+	$V_{t3a}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3a}$
	2										$V_{pd3b}.X_{3a}$	+	$V_{t3b}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3b}$
	3										$V_{pd3c}.X_{3a}$	+	$V_{t3c}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3c}$
Agt	1										$V_{pd3d}.X_{3a}$	+	$V_{t3d}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3d}$
	2										$V_{pd3e}.X_{3a}$	+	$V_{t3e}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3e}$
	3										$V_{pd3f}.X_{3a}$	+	$V_{t3f}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3f}$
Sep	1										$V_{pd3g}.X_{3a}$	+	$V_{t3g}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3g}$
	2										$V_{pd3h}.X_{3a}$	+	$V_{t3h}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3h}$
	3										$V_{pd3i}.X_{3a}$	+	$V_{t3i}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3i}$
Okt	1										$V_{pd3j}.X_{3a}$	+	$V_{t3j}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3j}$
	2										$V_{pd3k}.X_{3a}$	+	$V_{t3k}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3k}$
	3										$V_{pd3l}.X_{3a}$	+	$V_{t3l}.X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3l}$

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.85  
Model Matematika Kendala Volume Ketersediaan PTT Alternatif 6

Bulan	Periode	Musim Tanam I			Volume	Musim Tanam II			Volume	Musim Tanam III			Volume	
		Padi		Jagung		Padi		Kedelai		Padi		Kacang Tanah		
Nov	1	$V_{pd1a} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1a} \cdot X_{1b}$	$\leq$	$V_{S1a}$								
	2	$V_{pd1b} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1b} \cdot X_{1b}$	$\leq$	$V_{S1b}$								
	3	$V_{pd1c} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1c} \cdot X_{1b}$	$\leq$	$V_{S1c}$								
Des	1	$V_{pd1d} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1d} \cdot X_{1b}$	$\leq$	$V_{S1d}$								
	2	$V_{pd1e} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1e} \cdot X_{1b}$	$\leq$	$V_{S1e}$								
	3	$V_{pd1f} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1f} \cdot X_{1b}$	$\leq$	$V_{S1f}$								
Jan	1	$V_{pd1g} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1g} \cdot X_{1b}$	$\leq$	$V_{S1g}$								
	2	$V_{pd1h} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1h} \cdot X_{1b}$	$\leq$	$V_{S1h}$								
	3	$V_{pd1i} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1i} \cdot X_{1b}$	$\leq$	$V_{S1i}$								
Feb	1	$V_{pd1j} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1j} \cdot X_{1b}$	$\leq$	$V_{S1j}$								
	2	$V_{pd1k} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1k} \cdot X_{1b}$	$\leq$	$V_{S1k}$								
	3	$V_{pd1l} \cdot X_{1a}$	+	$V_{pj1l} \cdot X_{1b}$	$\leq$	$V_{S1l}$								
Mar	1					$V_{pd2a} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2a} \cdot X_{2b}$	$\leq$	$V_{S2a}$				
	2					$V_{pd2b} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2b} \cdot X_{2b}$	$\leq$	$V_{S2b}$				
	3					$V_{pd2c} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2c} \cdot X_{2b}$	$\leq$	$V_{S2c}$				
Apr	1					$V_{pd2d} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2d} \cdot X_{2b}$	$\leq$	$V_{S2d}$				
	2					$V_{pd2e} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2e} \cdot X_{2b}$	$\leq$	$V_{S2e}$				
	3					$V_{pd2f} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2f} \cdot X_{2b}$	$\leq$	$V_{S2f}$				
Mei	1					$V_{pd2g} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2g} \cdot X_{2b}$	$\leq$	$V_{S2g}$				
	2					$V_{pd2h} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2h} \cdot X_{2b}$	$\leq$	$V_{S2h}$				
	3					$V_{pd2i} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2i} \cdot X_{2b}$	$\leq$	$V_{S2i}$				
Jun	1					$V_{pd2j} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2j} \cdot X_{2b}$	$\leq$	$V_{S2j}$				
	2					$V_{pd2k} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2k} \cdot X_{2b}$	$\leq$	$V_{S2k}$				
	3					$V_{pd2l} \cdot X_{2a}$	+	$V_{pj2l} \cdot X_{2b}$	$\leq$	$V_{S2l}$				
Jul	1									$V_{pd3a} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3a} \cdot X_{3b}$	$\leq$	$V_{S3a}$
	2									$V_{pd3b} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3b} \cdot X_{3b}$	$\leq$	$V_{S3b}$
	3									$V_{pd3c} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3c} \cdot X_{3b}$	$\leq$	$V_{S3c}$
Agt	1									$V_{pd3d} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3d} \cdot X_{3b}$	$\leq$	$V_{S3d}$
	2									$V_{pd3e} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3e} \cdot X_{3b}$	$\leq$	$V_{S3e}$
	3									$V_{pd3f} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3f} \cdot X_{3b}$	$\leq$	$V_{S3f}$
Sep	1									$V_{pd3g} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3g} \cdot X_{3b}$	$\leq$	$V_{S3g}$
	2									$V_{pd3h} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3h} \cdot X_{3b}$	$\leq$	$V_{S3h}$
	3									$V_{pd3i} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3i} \cdot X_{3b}$	$\leq$	$V_{S3i}$
Okt	1									$V_{pd3j} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3j} \cdot X_{3b}$	$\leq$	$V_{S3j}$
	2									$V_{pd3k} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3k} \cdot X_{3b}$	$\leq$	$V_{S3k}$
	3									$V_{pd3l} \cdot X_{3a}$	+	$V_{pj3l} \cdot X_{3b}$	$\leq$	$V_{S3l}$

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Tabel 4.86  
Model Matematika Kendala Volume Ketersediaan PTT Alternatif 7

Bulan	Periode	Musim Tanam I			Musim Tanam II			Musim Tanam III				
		Padi	Tebu	Volume	Padi	Tebu	Volume	Padi	Tebu	Volume		
Nov	1	$V_{pd1a} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1a} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1a}$						
	2	$V_{pd1b} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1b} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1b}$						
	3	$V_{pd1c} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1c} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1c}$						
Des	1	$V_{pd1d} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1d} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1d}$						
	2	$V_{pd1e} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1e} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1e}$						
	3	$V_{pd1f} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1f} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1f}$						
Jan	1	$V_{pd1g} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1g} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1g}$						
	2	$V_{pd1h} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1h} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1h}$						
	3	$V_{pd1i} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1i} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1i}$						
Feb	1	$V_{pd1j} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1j} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1j}$						
	2	$V_{pd1k} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1k} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1k}$						
	3	$V_{pd1l} \cdot X_{1a}$	+	$V_{t1l} \cdot X_{1c}$	$\leq$	$VS_{1l}$						
Mar	1					$V_{pd2a} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2a} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2a}$		
	2					$V_{pd2b} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2b} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2b}$		
	3					$V_{pd2c} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2c} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2c}$		
Apr	1					$V_{pd2d} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2d} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2d}$		
	2					$V_{pd2e} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2e} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2e}$		
	3					$V_{pd2f} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2f} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2f}$		
Mei	1					$V_{pd2g} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2g} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2g}$		
	2					$V_{pd2h} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2h} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2h}$		
	3					$V_{pd2i} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2i} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2i}$		
Jun	1					$V_{pd2j} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2j} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2j}$		
	2					$V_{pd2k} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2k} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2k}$		
	3					$V_{pd2l} \cdot X_{2a}$	+	$V_{t2l} \cdot X_{2c}$	$\leq$	$VS_{2l}$		
Jul	1							$V_{pd3a} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3a} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3a}$
	2							$V_{pd3b} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3b} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3b}$
	3							$V_{pd3c} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3c} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3c}$
Agu	1							$V_{pd3d} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3d} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3d}$
	2							$V_{pd3e} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3e} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3e}$
	3							$V_{pd3f} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3f} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3f}$
Sep	1							$V_{pd3g} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3g} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3g}$
	2							$V_{pd3h} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3h} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3h}$
	3							$V_{pd3i} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3i} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3i}$
Okt	1							$V_{pd3j} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3j} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3j}$
	2							$V_{pd3k} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3k} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3k}$
	3							$V_{pd3l} \cdot X_{3a}$	+	$V_{t3l} \cdot X_{3c}$	$\leq$	$VS_{3l}$

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

#### 4.14. Perhitungan Optimasi dengan Program Linier

Dari model optimasi yang telah dirumuskan, maka perhitungan optimasi dapat dilakukan. Dengan menggunakan bantuan program *solver* akan diperoleh luasan optimum yang akan menghasilkan nilai manfaat atau keuntungan produksi pertanian yang maksimum. Hasil yang diperoleh dari pemodelan optimasi tersebut akan dibandingkan pola tata tanam kondisi eksisting (direncanakan sebelum pergeseran musim) dan alternatif pola tata tanam yang diusulkan (direncanakan setelah pergeseran musim) dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 4.87

Hasil Optimasi PTT Eksisting dengan Debit Andalan 80%

Luas						Kontrol luas	Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi		
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai		Variabel	Nilai	Variabel	Nilai			
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1a</sub>	27036,033	Vs <sub>1a</sub>	42336,000	MT I (Ha)	Luas Padi	574,594
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1b</sub>	34656,418	Vs <sub>1b</sub>	43200,000		Luas Jagung	118,406
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1c</sub>	1885,579	Vs <sub>1c</sub>	44064,000		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1d</sub>	47519,967	Vs <sub>1d</sub>	47520,000	MT II (Ha)	Luas Padi	692,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1e</sub>	17887,226	Vs <sub>1e</sub>	48384,000		Luas Kedelai	1,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1f</sub>	0,000	Vs <sub>1f</sub>	49248,000		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1g</sub>	0,000	Vs <sub>1g</sub>	58579,200	MT III (Ha)	Luas Padi	55,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1h</sub>	0,000	Vs <sub>1h</sub>	58579,200		Luas Kacang Tana	638,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	58579,200		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	57888,000	Z (Rp)	MT I	34.184.634.685
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	57801,600		MT II	39.501.600.000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	57801,600		MT III	12.371.517.500
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2a</sub>	0,000	Vs <sub>2a</sub>	55468,800		Jumlah	86.057.752.185
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2b</sub>	0,000	Vs <sub>2b</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2c</sub>	15342,263	Vs <sub>2c</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2d</sub>	6787,568	Vs <sub>2d</sub>	52704,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2e</sub>	40768,346	Vs <sub>2e</sub>	52617,600			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2f</sub>	0,000	Vs <sub>2f</sub>	52272,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2g</sub>	13832,422	Vs <sub>2g</sub>	42336,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2h</sub>	0,000	Vs <sub>2h</sub>	41472,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2i</sub>	0,000	Vs <sub>2i</sub>	40608,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2j</sub>	14160,159	Vs <sub>2j</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2k</sub>	18824,887	Vs <sub>2k</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2l</sub>	28899,327	Vs <sub>2l</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	55,000	X <sub>3b</sub>	638,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3a</sub>	11364,319	Vs <sub>3a</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	55,000	X <sub>3b</sub>	638,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3b</sub>	12752,180	Vs <sub>3b</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	55,000	X <sub>3b</sub>	638,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3c</sub>	15205,972	Vs <sub>3c</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	55,000	X <sub>3b</sub>	638,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3d</sub>	21626,832	Vs <sub>3d</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	55,000	X <sub>3b</sub>	638,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3e</sub>	23074,594	Vs <sub>3e</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	55,000	X <sub>3b</sub>	638,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3f</sub>	23986,347	Vs <sub>3f</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	55,000	X <sub>3b</sub>	638,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3g</sub>	31884,317	Vs <sub>3g</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	55,000	X <sub>3b</sub>	638,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3h</sub>	32297,183	Vs <sub>3h</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	55,000	X <sub>3b</sub>	638,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3i</sub>	32346,518	Vs <sub>3i</sub>	33696,000			
X <sub>3a</sub>	55,000	X <sub>3b</sub>	638,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3j</sub>	26667,242	Vs <sub>3j</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	55,000	X <sub>3b</sub>	638,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3k</sub>	17729,576	Vs <sub>3k</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	55,000	X <sub>3b</sub>	638,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3l</sub>	3859,502	Vs <sub>3l</sub>	33696,000			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Eksisting (Direncanakan Sebelum Pergeseran Musim)

MT I : Padi-Palawija (Jagung)-Tebu

MT II : Padi-Palawija (Kedelai)-Tebu

MT III : Padi-Palawija (Kacang Tanah)-Tebu

Keuntungan maksimum : Rp. 86.057.770.292

Tabel 4.88

Hasil Optimasi PTT Alternatif 1 dengan Debit Andalan 80%

Luas						Kontrol	Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi		
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	luas	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai			
X <sub>1a</sub>	608,657	X <sub>1b</sub>	84,343	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1a</sub>	26400,885	Vs <sub>1a</sub>	43200,000	MT I	Luas Padi	608,657
X <sub>1a</sub>	608,657	X <sub>1b</sub>	84,343	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1b</sub>	0,000	Vs <sub>1b</sub>	44064,000		Luas Kedelai	84,343
X <sub>1a</sub>	608,657	X <sub>1b</sub>	84,343	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1c</sub>	47520,000	Vs <sub>1c</sub>	47520,000	MT II	Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	608,657	X <sub>1b</sub>	84,343	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1d</sub>	28055,695	Vs <sub>1d</sub>	48384,000		Luas Padi	692,000
X <sub>1a</sub>	608,657	X <sub>1b</sub>	84,343	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1e</sub>	0,000	Vs <sub>1e</sub>	49248,000	(Ha)	Luas Kacang Ta	1,000
X <sub>1a</sub>	608,657	X <sub>1b</sub>	84,343	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1f</sub>	0,000	Vs <sub>1f</sub>	58579,200		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	608,657	X <sub>1b</sub>	84,343	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1g</sub>	0,000	Vs <sub>1g</sub>	58579,200	MT III	Luas Padi	80,000
X <sub>1a</sub>	608,657	X <sub>1b</sub>	84,343	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1h</sub>	0,000	Vs <sub>1h</sub>	58579,200		Luas Jagung	613,000
X <sub>1a</sub>	608,657	X <sub>1b</sub>	84,343	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	57888,000	(Ha)	Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	608,657	X <sub>1b</sub>	84,343	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	57801,600		MT I	35.574.269.999
X <sub>1a</sub>	608,657	X <sub>1b</sub>	84,343	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	57801,600	Z (Rp)	MT II	39.506.125.000
X <sub>1a</sub>	608,657	X <sub>1b</sub>	84,343	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	55468,800		MT III	11.778.290.000
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2a</sub>	0,000	Vs <sub>2a</sub>	55468,800		Jumlah	86.858.684.999
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2b</sub>	0,000	Vs <sub>2b</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2c</sub>	3794,419	Vs <sub>2c</sub>	52704,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2d</sub>	51258,144	Vs <sub>2d</sub>	52617,600			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2e</sub>	9753,827	Vs <sub>2e</sub>	52272,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2f</sub>	17291,137	Vs <sub>2f</sub>	42336,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2g</sub>	0,000	Vs <sub>2g</sub>	41472,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2h</sub>	0,000	Vs <sub>2h</sub>	40608,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2i</sub>	15923,091	Vs <sub>2i</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2j</sub>	24929,733	Vs <sub>2j</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2k</sub>	19596,021	Vs <sub>2k</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2l</sub>	34248,432	Vs <sub>2l</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	80,000	X <sub>3b</sub>	613,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3a</sub>	4861,841	Vs <sub>3a</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	80,000	X <sub>3b</sub>	613,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3b</sub>	7169,721	Vs <sub>3b</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	80,000	X <sub>3b</sub>	613,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3c</sub>	15356,462	Vs <sub>3c</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	80,000	X <sub>3b</sub>	613,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3d</sub>	21213,475	Vs <sub>3d</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	80,000	X <sub>3b</sub>	613,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3e</sub>	25953,013	Vs <sub>3e</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	80,000	X <sub>3b</sub>	613,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3f</sub>	29531,719	Vs <sub>3f</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	80,000	X <sub>3b</sub>	613,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3g</sub>	31840,704	Vs <sub>3g</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	80,000	X <sub>3b</sub>	613,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3h</sub>	33692,349	Vs <sub>3h</sub>	33696,000			
X <sub>3a</sub>	80,000	X <sub>3b</sub>	613,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3i</sub>	26902,325	Vs <sub>3i</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	80,000	X <sub>3b</sub>	613,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3j</sub>	26264,945	Vs <sub>3j</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	80,000	X <sub>3b</sub>	613,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3k</sub>	21688,174	Vs <sub>3k</sub>	33696,000			
X <sub>3a</sub>	80,000	X <sub>3b</sub>	613,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3l</sub>	1910,933	Vs <sub>3l</sub>	42336,000			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Altertatif 1 (Direncanakan Setelah Pergeseran Musim)

MT I : Padi-Palawija (Kedelai)-Tebu

MT II : Padi-Palawija (Kacang Tanah)-Tebu

MT III : Padi-Palawija (Jagung)-Tebu

Keuntungan maksimum : Rp. 86.858.684.999

Tabel 4.89

Hasil Optimasi PTT Alternatif 2 dengan Debit Andalan 80%

Luas						Kontrol		Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi		
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	luas		Variabel	Nilai	Variabel	Nilai			
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1a</sub>	2163,602	Vs <sub>1a</sub>	48384,000	MT I	Luas Padi	692,000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1b</sub>	0,000	Vs <sub>1b</sub>	49248,000	(Ha)	Luas Jagung	1,000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1c</sub>	0,000	Vs <sub>1c</sub>	58579,200		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1d</sub>	0,000	Vs <sub>1d</sub>	58579,200	MT II	Luas Padi	560,000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1e</sub>	0,000	Vs <sub>1e</sub>	58579,200	(Ha)	Luas Kedelai	133,000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1f</sub>	0,169	Vs <sub>1f</sub>	57888,000		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1g</sub>	1,723	Vs <sub>1g</sub>	57801,600	MT III	Luas Padi	109,000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1h</sub>	1,780	Vs <sub>1h</sub>	57801,600	(Ha)	Luas Kacang Tanah	584,000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	55468,800		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	55468,800	Z (Rp)	MT I	39.503.420.000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	55468,800		MT II	33.281.430.000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	52704,000		MT III	14.671.782.500
X <sub>2a</sub>	560,000	X <sub>2b</sub>	133,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2a</sub>	17631,839	Vs <sub>2a</sub>	52617,600		Jumlah	87.456.632.500
X <sub>2a</sub>	560,000	X <sub>2b</sub>	133,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2b</sub>	175,817	Vs <sub>2b</sub>	52272,000			
X <sub>2a</sub>	560,000	X <sub>2b</sub>	133,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2c</sub>	27726,171	Vs <sub>2c</sub>	42336,000			
X <sub>2a</sub>	560,000	X <sub>2b</sub>	133,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2d</sub>	0,000	Vs <sub>2d</sub>	41472,000			
X <sub>2a</sub>	560,000	X <sub>2b</sub>	133,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2e</sub>	0,000	Vs <sub>2e</sub>	40608,000			
X <sub>2a</sub>	560,000	X <sub>2b</sub>	133,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2f</sub>	11401,189	Vs <sub>2f</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	560,000	X <sub>2b</sub>	133,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2g</sub>	14924,314	Vs <sub>2g</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	560,000	X <sub>2b</sub>	133,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2h</sub>	31922,358	Vs <sub>2h</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	560,000	X <sub>2b</sub>	133,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2i</sub>	36901,480	Vs <sub>2i</sub>	37152,000			
X <sub>2a</sub>	560,000	X <sub>2b</sub>	133,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2j</sub>	37027,561	Vs <sub>2j</sub>	37152,000			
X <sub>2a</sub>	560,000	X <sub>2b</sub>	133,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2k</sub>	16646,043	Vs <sub>2k</sub>	37152,000			
X <sub>2a</sub>	560,000	X <sub>2b</sub>	133,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2l</sub>	29877,468	Vs <sub>2l</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	109,000	X <sub>3b</sub>	584,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>3a</sub>	16009,429	Vs <sub>3a</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	109,000	X <sub>3b</sub>	584,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>3b</sub>	18126,384	Vs <sub>3b</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	109,000	X <sub>3b</sub>	584,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>3c</sub>	27319,051	Vs <sub>3c</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	109,000	X <sub>3b</sub>	584,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>3d</sub>	31164,793	Vs <sub>3d</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	109,000	X <sub>3b</sub>	584,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>3e</sub>	32567,670	Vs <sub>3e</sub>	33696,000			
X <sub>3a</sub>	109,000	X <sub>3b</sub>	584,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>3f</sub>	31948,027	Vs <sub>3f</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	109,000	X <sub>3b</sub>	584,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>3g</sub>	32344,584	Vs <sub>3g</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	109,000	X <sub>3b</sub>	584,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>3h</sub>	32943,051	Vs <sub>3h</sub>	33696,000			
X <sub>3a</sub>	109,000	X <sub>3b</sub>	584,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>3i</sub>	16988,999	Vs <sub>3i</sub>	42336,000			
X <sub>3a</sub>	109,000	X <sub>3b</sub>	584,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>3j</sub>	17091,677	Vs <sub>3j</sub>	43200,000			
X <sub>3a</sub>	109,000	X <sub>3b</sub>	584,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>3k</sub>	5536,196	Vs <sub>3k</sub>	44064,000			
X <sub>3a</sub>	109,000	X <sub>3b</sub>	584,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>3l</sub>	4576,825	Vs <sub>3l</sub>	47520,000			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Alternatif 2 (Direncanakan Setelah Pergeseran Musim)

MT I : Padi-Palawija (Jagung)-Tebu

MT II : Padi-Palawija (Kedelai)-Tebu

MT III : Padi-Palawija (Kacang Tanah)-Tebu

Keuntungan maksimum : Rp. 87.456.632.500

Tabel 4.90

Hasil Optimasi PTT Alternatif 3 dengan Debit Andalan 80%

Luas						Kontrol	Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi		
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	luas	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai			
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1a</sub>	27036,051	Vs <sub>1a</sub>	42336,000	MT I	Luas Padi	574,594
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1b</sub>	34656,442	Vs <sub>1b</sub>	43200,000	(Ha)	Luas Jagung	118,406
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1c</sub>	1885,581	Vs <sub>1c</sub>	44064,000		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1d</sub>	47520,000	Vs <sub>1d</sub>	47520,000	MT II	Luas Padi	692,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1e</sub>	17887,238	Vs <sub>1e</sub>	48384,000	(Ha)	Luas Kacang Tanah	1,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1f</sub>	0,000	Vs <sub>1f</sub>	49248,000		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1g</sub>	0,000	Vs <sub>1g</sub>	58579,200	MT III	Luas Padi	373,272
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1h</sub>	0,000	Vs <sub>1h</sub>	58579,200	(Ha)	Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	58579,200	Z (Rp)	MT I	34.184.652.792
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	57888,000		MT II	39.506.125.000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	57801,600		MT III	21.865.386.438
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	57801,600		Jumlah	95.556.164.230
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2a</sub>	0,000	Vs <sub>2a</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2b</sub>	0,000	Vs <sub>2b</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2c</sub>	15342,263	Vs <sub>2c</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2d</sub>	6787,568	Vs <sub>2d</sub>	52704,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2e</sub>	40768,346	Vs <sub>2e</sub>	52617,600			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2f</sub>	0,000	Vs <sub>2f</sub>	52272,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2g</sub>	13832,422	Vs <sub>2g</sub>	42336,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2h</sub>	0,000	Vs <sub>2h</sub>	41472,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2i</sub>	0,000	Vs <sub>2i</sub>	40608,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2j</sub>	14170,219	Vs <sub>2j</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2k</sub>	18834,947	Vs <sub>2k</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2l</sub>	28905,795	Vs <sub>2l</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	373,272	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	408,272	Vb <sub>3a</sub>	16849,414	Vs <sub>3a</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	373,272	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	408,272	Vb <sub>3b</sub>	22151,727	Vs <sub>3b</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	373,272	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	408,272	Vb <sub>3c</sub>	30863,131	Vs <sub>3c</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	373,272	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	408,272	Vb <sub>3d</sub>	35646,224	Vs <sub>3d</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	373,272	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	408,272	Vb <sub>3e</sub>	30849,528	Vs <sub>3e</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	373,272	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	408,272	Vb <sub>3f</sub>	26229,582	Vs <sub>3f</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	373,272	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	408,272	Vb <sub>3g</sub>	30144,757	Vs <sub>3g</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	373,272	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	408,272	Vb <sub>3h</sub>	31581,663	Vs <sub>3h</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	373,272	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	408,272	Vb <sub>3i</sub>	32654,200	Vs <sub>3i</sub>	33696,000			
X <sub>3a</sub>	373,272	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	408,272	Vb <sub>3j</sub>	31968,000	Vs <sub>3j</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	373,272	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	408,272	Vb <sub>3k</sub>	29003,850	Vs <sub>3k</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	373,272	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	408,272	Vb <sub>3l</sub>	21130,153	Vs <sub>3l</sub>	33696,000			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Alternatif 3 (Direncanakan Setelah Pergeseran Musim)

MT I : Padi-Palawija (Jagung)-Tebu

MT II : Padi-Palawija (Kacang Tanah)-Tebu

MT III : Padi-Tebu

Keuntungan maksimum : Rp. 95.551.639.230



Tabel 4.91

Hasil Optimasi PTT Alternatif 4 dengan Debit Andalan 80%

Luas						Kontrol	Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi		
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	luas	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai			
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1a</sub>	27036,051	Vs <sub>1a</sub>	42336,000	MT I	Luas Padi	574,594
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1b</sub>	34656,442	Vs <sub>1b</sub>	43200,000		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1c</sub>	1885,581	Vs <sub>1c</sub>	44064,000		Luas Padi	693,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1d</sub>	47520,000	Vs <sub>1d</sub>	47520,000	MT II	Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1e</sub>	17887,238	Vs <sub>1e</sub>	48384,000		Luas Padi	57,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1f</sub>	0,000	Vs <sub>1f</sub>	49248,000	(Ha)	Luas Palawija	636,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1g</sub>	0,000	Vs <sub>1g</sub>	58579,200		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1h</sub>	0,000	Vs <sub>1h</sub>	58579,200	Z (Rp)	MT I	33.000.004.761
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	58579,200		MT II	39.548.722.500
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	57888,000		MT III	12.456.712.500
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	57801,600		Jumlah	85.005.439.761
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	57801,600			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2a</sub>	0,000	Vs <sub>2a</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2b</sub>	0,000	Vs <sub>2b</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2c</sub>	15364,434	Vs <sub>2c</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2d</sub>	6797,377	Vs <sub>2d</sub>	52704,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2e</sub>	40826,560	Vs <sub>2e</sub>	52617,600			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2f</sub>	0,000	Vs <sub>2f</sub>	52272,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2g</sub>	13852,411	Vs <sub>2g</sub>	42336,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2h</sub>	0,000	Vs <sub>2h</sub>	41472,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2i</sub>	0,000	Vs <sub>2i</sub>	40608,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2j</sub>	14180,621	Vs <sub>2j</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2k</sub>	18852,014	Vs <sub>2k</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2l</sub>	28939,884	Vs <sub>2l</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3a</sub>	4573,573	Vs <sub>3a</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3b</sub>	8429,417	Vs <sub>3b</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3c</sub>	13666,577	Vs <sub>3c</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3d</sub>	21763,235	Vs <sub>3d</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3e</sub>	23178,541	Vs <sub>3e</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3f</sub>	24060,548	Vs <sub>3f</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3g</sub>	31955,835	Vs <sub>3g</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3h</sub>	32376,112	Vs <sub>3h</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3i</sub>	32431,877	Vs <sub>3i</sub>	33696,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3j</sub>	30962,639	Vs <sub>3j</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3k</sub>	30427,627	Vs <sub>3k</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3l</sub>	29142,910	Vs <sub>3l</sub>	33696,000			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Alternatif 4 (Direncanakan Setelah Pergeseran Musim)

MT I : Padi- Tebu

MT II : Padi- Tebu

MT III : Padi-Palawija (Kacang Tanah)-Tebu

Keuntungan maksimum : Rp. 85.005.439.761



Tabel 4.92

Hasil Optimasi PTT Alternatif 5 dengan Debit Andalan 80%

Luas						Kontrol	Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi		
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	luas	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai			
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1a</sub>	27036,051	Vs <sub>1a</sub>	42336,000	MT I	Luas Padi	574,594
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1b</sub>	34656,442	Vs <sub>1b</sub>	43200,000	(Ha)	Luas Palawija	118,406
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1c</sub>	1885,581	Vs <sub>1c</sub>	44064,000		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1d</sub>	47520,000	Vs <sub>1d</sub>	47520,000	MT II	Luas Padi	693,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1e</sub>	17887,238	Vs <sub>1e</sub>	48384,000	(Ha)	Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1f</sub>	0,000	Vs <sub>1f</sub>	49248,000	MT III	Luas Padi	57,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1g</sub>	0,000	Vs <sub>1g</sub>	58579,200	(Ha)	Luas Palawija	636,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1h</sub>	0,000	Vs <sub>1h</sub>	58579,200		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	58579,200	Z (Rp)	MT I	34.184.652.792
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	57888,000		MT II	39.548.722.500
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	57801,600		MT III	12.456.712.500
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1b</sub>	118,406	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	57801,600		Jumlah	86.190.087.792
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2a</sub>	0,000	Vs <sub>2a</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2b</sub>	0,000	Vs <sub>2b</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2c</sub>	15364,434	Vs <sub>2c</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2d</sub>	6797,377	Vs <sub>2d</sub>	52704,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2e</sub>	40826,560	Vs <sub>2e</sub>	52617,600			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2f</sub>	0,000	Vs <sub>2f</sub>	52272,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2g</sub>	13852,411	Vs <sub>2g</sub>	42336,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2h</sub>	0,000	Vs <sub>2h</sub>	41472,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2i</sub>	0,000	Vs <sub>2i</sub>	40608,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2j</sub>	14180,621	Vs <sub>2j</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2k</sub>	18852,014	Vs <sub>2k</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2l</sub>	28939,884	Vs <sub>2l</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3a</sub>	10054,115	Vs <sub>3a</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3b</sub>	12838,598	Vs <sub>3b</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3c</sub>	15335,486	Vs <sub>3c</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3d</sub>	21763,235	Vs <sub>3d</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3e</sub>	23178,541	Vs <sub>3e</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3f</sub>	24060,548	Vs <sub>3f</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3g</sub>	31955,835	Vs <sub>3g</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3h</sub>	32376,112	Vs <sub>3h</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3i</sub>	32431,877	Vs <sub>3i</sub>	33696,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3j</sub>	26766,825	Vs <sub>3j</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3k</sub>	17840,187	Vs <sub>3k</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	636,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3l</sub>	3968,029	Vs <sub>3l</sub>	33696,000			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Alternatif 5 (Direncanakan Setelah Pergeseran Musim)

MT I : Padi-Palawija (Jagung)-Tebu

MT II : Padi- Tebu

MT III : Padi-Palawija (Kacang Tanah)-Tebu

Keuntungan maksimum : Rp. 86.190.087.792

Tabel 4.93

Hasil Optimasi PTT Alternatif 6 dengan Debit Andalan 80%

Luas				Kontrol luas	Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi		
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai		Variabel	Nilai	Variabel	Nilai			
X <sub>1a</sub>	579,888	X <sub>1b</sub>	148,112	728,000	Vb <sub>1a</sub>	26624,021	Vs <sub>1a</sub>	42336,000	MT I	Luas Padi	579,888
X <sub>1a</sub>	579,888	X <sub>1b</sub>	148,112	728,000	Vb <sub>1b</sub>	34325,266	Vs <sub>1b</sub>	43200,000	(Ha)	Luas Palawija	148,112
X <sub>1a</sub>	579,888	X <sub>1b</sub>	148,112	728,000	Vb <sub>1c</sub>	1902,951	Vs <sub>1c</sub>	44064,000	MT II	Luas Padi	725,000
X <sub>1a</sub>	579,888	X <sub>1b</sub>	148,112	728,000	Vb <sub>1d</sub>	47520,000	Vs <sub>1d</sub>	47520,000	(Ha)	Luas Palawija	3,000
X <sub>1a</sub>	579,888	X <sub>1b</sub>	148,112	728,000	Vb <sub>1e</sub>	18052,021	Vs <sub>1e</sub>	48384,000	MT III	Luas Padi	57,000
X <sub>1a</sub>	579,888	X <sub>1b</sub>	148,112	728,000	Vb <sub>1f</sub>	0,000	Vs <sub>1f</sub>	49248,000	(Ha)	Luas Palawija	671,000
X <sub>1a</sub>	579,888	X <sub>1b</sub>	148,112	728,000	Vb <sub>1g</sub>	0,000	Vs <sub>1g</sub>	58579,200	Z (Rp)	MT I	33.554.003.750
X <sub>1a</sub>	579,888	X <sub>1b</sub>	148,112	728,000	Vb <sub>1h</sub>	0,000	Vs <sub>1h</sub>	58579,200		MT II	40.122.492.500
X <sub>1a</sub>	579,888	X <sub>1b</sub>	148,112	728,000	Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	58579,200		MT III	11.680.937.500
X <sub>1a</sub>	579,888	X <sub>1b</sub>	148,112	728,000	Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	57888,000		Jumlah	85.357.433.750
X <sub>1a</sub>	579,888	X <sub>1b</sub>	148,112	728,000	Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	57801,600			
X <sub>1a</sub>	579,888	X <sub>1b</sub>	148,112	728,000	Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	57801,600			
X <sub>2a</sub>	725,000	X <sub>2b</sub>	3,000	728,000	Vb <sub>2a</sub>	0,000	Vs <sub>2a</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	725,000	X <sub>2b</sub>	3,000	728,000	Vb <sub>2b</sub>	0,000	Vs <sub>2b</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	725,000	X <sub>2b</sub>	3,000	728,000	Vb <sub>2c</sub>	16073,903	Vs <sub>2c</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	725,000	X <sub>2b</sub>	3,000	728,000	Vb <sub>2d</sub>	7111,253	Vs <sub>2d</sub>	52704,000			
X <sub>2a</sub>	725,000	X <sub>2b</sub>	3,000	728,000	Vb <sub>2e</sub>	42205,436	Vs <sub>2e</sub>	52617,600			
X <sub>2a</sub>	725,000	X <sub>2b</sub>	3,000	728,000	Vb <sub>2f</sub>	0,000	Vs <sub>2f</sub>	52272,000			
X <sub>2a</sub>	725,000	X <sub>2b</sub>	3,000	728,000	Vb <sub>2g</sub>	14492,060	Vs <sub>2g</sub>	42336,000			
X <sub>2a</sub>	725,000	X <sub>2b</sub>	3,000	728,000	Vb <sub>2h</sub>	0,000	Vs <sub>2h</sub>	41472,000			
X <sub>2a</sub>	725,000	X <sub>2b</sub>	3,000	728,000	Vb <sub>2i</sub>	0,000	Vs <sub>2i</sub>	40608,000			
X <sub>2a</sub>	725,000	X <sub>2b</sub>	3,000	728,000	Vb <sub>2j</sub>	14835,427	Vs <sub>2j</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	725,000	X <sub>2b</sub>	3,000	728,000	Vb <sub>2k</sub>	19667,406	Vs <sub>2k</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	725,000	X <sub>2b</sub>	3,000	728,000	Vb <sub>2l</sub>	29403,821	Vs <sub>2l</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	671,000	728,000	Vb <sub>3a</sub>	10934,556	Vs <sub>3a</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	671,000	728,000	Vb <sub>3b</sub>	12373,387	Vs <sub>3b</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	671,000	728,000	Vb <sub>3c</sub>	14969,644	Vs <sub>3c</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	671,000	728,000	Vb <sub>3d</sub>	21390,662	Vs <sub>3d</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	671,000	728,000	Vb <sub>3e</sub>	22924,164	Vs <sub>3e</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	671,000	728,000	Vb <sub>3f</sub>	23893,533	Vs <sub>3f</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	671,000	728,000	Vb <sub>3g</sub>	31913,341	Vs <sub>3g</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	671,000	728,000	Vb <sub>3h</sub>	32478,098	Vs <sub>3h</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	671,000	728,000	Vb <sub>3i</sub>	32661,345	Vs <sub>3i</sub>	33696,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	671,000	728,000	Vb <sub>3j</sub>	26851,894	Vs <sub>3j</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	671,000	728,000	Vb <sub>3k</sub>	17560,674	Vs <sub>3k</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	57,000	X <sub>3b</sub>	671,000	728,000	Vb <sub>3l</sub>	3093,034	Vs <sub>3l</sub>	33696,000			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Alternatif 6 (Direncanakan Setelah Pergeseran Musim)

MT I : Padi-Palawija (Jagung)

MT II : Padi- Palawija (Kedelai)

MT III : Padi-Palawija (Kacang Tanah)

Keuntungan maksimum : Rp. 85.357.433.750

Tabel 4.94

Hasil Optimasi PTT Alternatif 7 dengan Debit Andalan 80%

Luas				Kontrol	Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi		
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	luas	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai			
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1a</sub>	10714,219	Vs <sub>1a</sub>	42336,000	MT I	Luas Padi	574,594
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1b</sub>	28910,498	Vs <sub>1b</sub>	43200,000	(Ha)	Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1c</sub>	0,000	Vs <sub>1c</sub>	44064,000	MT II	Luas Padi	693,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1d</sub>	47520,000	Vs <sub>1d</sub>	47520,000	(Ha)	Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1e</sub>	17887,238	Vs <sub>1e</sub>	48384,000	MT III	Luas Padi	436,651
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1f</sub>	0,000	Vs <sub>1f</sub>	49248,000	(Ha)	Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1g</sub>	0,000	Vs <sub>1g</sub>	58579,200	Z (Rp)	MT I	33.000.004.761
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1h</sub>	0,000	Vs <sub>1h</sub>	58579,200		MT II	39.548.722.500
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	58579,200		MT III	25.370.711.381
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	57888,000		Jumlah	97.919.438.642
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	57801,600			
X <sub>1a</sub>	574,594	X <sub>1c</sub>	35,000	609,594	Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	57801,600			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2a</sub>	0,000	Vs <sub>2a</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2b</sub>	0,000	Vs <sub>2b</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2c</sub>	15364,434	Vs <sub>2c</sub>	55468,800			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2d</sub>	6797,377	Vs <sub>2d</sub>	52704,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2e</sub>	40826,560	Vs <sub>2e</sub>	52617,600			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2f</sub>	0,000	Vs <sub>2f</sub>	52272,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2g</sub>	13852,411	Vs <sub>2g</sub>	42336,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2h</sub>	0,000	Vs <sub>2h</sub>	41472,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2i</sub>	0,000	Vs <sub>2i</sub>	40608,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2j</sub>	14180,621	Vs <sub>2j</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2k</sub>	18852,014	Vs <sub>2k</sub>	38880,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2l</sub>	28939,884	Vs <sub>2l</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	436,651	X <sub>3c</sub>	35,000	471,651	Vb <sub>3a</sub>	19551,854	Vs <sub>3a</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	436,651	X <sub>3c</sub>	35,000	471,651	Vb <sub>3b</sub>	25753,034	Vs <sub>3b</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	436,651	X <sub>3c</sub>	35,000	471,651	Vb <sub>3c</sub>	35949,274	Vs <sub>3c</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	436,651	X <sub>3c</sub>	35,000	471,651	Vb <sub>3d</sub>	37152,000	Vs <sub>3d</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	436,651	X <sub>3c</sub>	35,000	471,651	Vb <sub>3e</sub>	22776,829	Vs <sub>3e</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	436,651	X <sub>3c</sub>	35,000	471,651	Vb <sub>3f</sub>	8401,658	Vs <sub>3f</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	436,651	X <sub>3c</sub>	35,000	471,651	Vb <sub>3g</sub>	2085,255	Vs <sub>3g</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	436,651	X <sub>3c</sub>	35,000	471,651	Vb <sub>3h</sub>	3170,693	Vs <sub>3h</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	436,651	X <sub>3c</sub>	35,000	471,651	Vb <sub>3i</sub>	4256,131	Vs <sub>3i</sub>	33696,000			
X <sub>3a</sub>	436,651	X <sub>3c</sub>	35,000	471,651	Vb <sub>3j</sub>	4708,199	Vs <sub>3j</sub>	31968,000			
X <sub>3a</sub>	436,651	X <sub>3c</sub>	35,000	471,651	Vb <sub>3k</sub>	4004,518	Vs <sub>3k</sub>	32832,000			
X <sub>3a</sub>	436,651	X <sub>3c</sub>	35,000	471,651	Vb <sub>3l</sub>	2694,376	Vs <sub>3l</sub>	33696,000			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Alternatif 7 (Direncanakan Setelah Pergeseran Musim)

MT I : Padi-Tebu

MT II : Padi-Tebu

MT III : Padi-Tebu

Keuntungan maksimum : Rp. 97.919.438.642

Tabel 4.95

Hasil Optimasi PTT Eksisting dengan Debit Andalan 50%

Luas						Kontrol	Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi		
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	luas	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai			
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1a</sub>	29456,417	Vs <sub>1a</sub>	50976,000	MT I	Luas Padi	627,311
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1b</sub>	37776,920	Vs <sub>1b</sub>	50976,000		(Ha) Luas Palawija	65,689
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1c</sub>	2058,576	Vs <sub>1c</sub>	50976,000		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1d</sub>	51840,000	Vs <sub>1d</sub>	51840,000	MT II	Luas Padi	692,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1e</sub>	19528,331	Vs <sub>1e</sub>	51840,000		(Ha) Luas Palawija	1,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1f</sub>	0,000	Vs <sub>1f</sub>	51840,000		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1g</sub>	0,000	Vs <sub>1g</sub>	60480,000	MT III	Luas Padi	200,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1h</sub>	0,000	Vs <sub>1h</sub>	60480,000		(Ha) Luas Palawija	493,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	61344,000		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	59616,000	Z (Rp)	MT I	36.572.867.679
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	59616,000		MT II	39.501.600.000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	59616,000		MT III	18.548.155.000
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2a</sub>	0,000	Vs <sub>2a</sub>	58752,000		Jumlah	94.622.622.679
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2b</sub>	0,000	Vs <sub>2b</sub>	58752,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2c</sub>	15342,263	Vs <sub>2c</sub>	58752,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2d</sub>	6787,568	Vs <sub>2d</sub>	51840,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2e</sub>	40768,346	Vs <sub>2e</sub>	56160,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2f</sub>	0,000	Vs <sub>2f</sub>	56160,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2g</sub>	13832,422	Vs <sub>2g</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2h</sub>	0,000	Vs <sub>2h</sub>	44064,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2i</sub>	0,000	Vs <sub>2i</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2j</sub>	14160,159	Vs <sub>2j</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2k</sub>	18824,887	Vs <sub>2k</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2l</sub>	28899,327	Vs <sub>2l</sub>	43200,000			
X <sub>3a</sub>	200,000	X <sub>3b</sub>	493,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3a</sub>	15709,345	Vs <sub>3a</sub>	41472,000			
X <sub>3a</sub>	200,000	X <sub>3b</sub>	493,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3b</sub>	19017,427	Vs <sub>3b</sub>	41472,000			
X <sub>3a</sub>	200,000	X <sub>3b</sub>	493,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3c</sub>	24595,803	Vs <sub>3c</sub>	41472,000			
X <sub>3a</sub>	200,000	X <sub>3b</sub>	493,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3d</sub>	31516,005	Vs <sub>3d</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	200,000	X <sub>3b</sub>	493,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3e</sub>	30610,793	Vs <sub>3e</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	200,000	X <sub>3b</sub>	493,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3f</sub>	29365,972	Vs <sub>3f</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	200,000	X <sub>3b</sub>	493,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3g</sub>	37069,399	Vs <sub>3g</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	200,000	X <sub>3b</sub>	493,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3h</sub>	38019,543	Vs <sub>3h</sub>	43200,000			
X <sub>3a</sub>	200,000	X <sub>3b</sub>	493,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3i</sub>	38535,033	Vs <sub>3i</sub>	44064,000			
X <sub>3a</sub>	200,000	X <sub>3b</sub>	493,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3j</sub>	33887,019	Vs <sub>3j</sub>	47520,000			
X <sub>3a</sub>	200,000	X <sub>3b</sub>	493,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3k</sub>	25748,862	Vs <sub>3k</sub>	48384,000			
X <sub>3a</sub>	200,000	X <sub>3b</sub>	493,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3l</sub>	11727,745	Vs <sub>3l</sub>	49248,000			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Eksisting (Direncanakan Sebelum Pergeseran Musim)

MT I : Padi-Palawija (Jagung)-Tebu

MT II : Padi-Palawija (Kedelai)-Tebu

MT III : Padi-Palawija (Kacang Tanah)-Tebu

Keuntungan maksimum : Rp. 94.622.622.679

Tabel 4.96

Hasil Optimasi PTT Alternatif 1 dengan Debit Andalan 50%

Luas						Kontrol	Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi		
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	luas	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai			
X <sub>1a</sub>	664,452	X <sub>1b</sub>	28,548	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1a</sub>	28778,713	Vs <sub>1a</sub>	50976,000	MT I (Ha)	Luas Padi	664,452
X <sub>1a</sub>	664,452	X <sub>1b</sub>	28,548	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1b</sub>	0,000	Vs <sub>1b</sub>	50976,000		Luas Palawija	28,548
X <sub>1a</sub>	664,452	X <sub>1b</sub>	28,548	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1c</sub>	51840,000	Vs <sub>1c</sub>	51840,000		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	664,452	X <sub>1b</sub>	28,548	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1d</sub>	30627,515	Vs <sub>1d</sub>	51840,000	MT II (Ha)	Luas Padi	641,000
X <sub>1a</sub>	664,452	X <sub>1b</sub>	28,548	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1e</sub>	0,000	Vs <sub>1e</sub>	51840,000		Luas Palawija	52,000
X <sub>1a</sub>	664,452	X <sub>1b</sub>	28,548	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1f</sub>	0,000	Vs <sub>1f</sub>	60480,000		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	664,452	X <sub>1b</sub>	28,548	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1g</sub>	0,000	Vs <sub>1g</sub>	60480,000	MT III (Ha)	Luas Padi	253,000
X <sub>1a</sub>	664,452	X <sub>1b</sub>	28,548	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1h</sub>	0,000	Vs <sub>1h</sub>	61344,000		Luas Palawija	440,000
X <sub>1a</sub>	664,452	X <sub>1b</sub>	28,548	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	59616,000		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	664,452	X <sub>1b</sub>	28,548	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	59616,000	Z (Rp)	MT I	38.203.450.912
X <sub>1a</sub>	664,452	X <sub>1b</sub>	28,548	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	59616,000		MT II	37.333.652.500
X <sub>1a</sub>	664,452	X <sub>1b</sub>	28,548	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	58752,000		MT III	19.615.622.500
X <sub>2a</sub>	641,000	X <sub>2b</sub>	52,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2a</sub>	0,000	Vs <sub>2a</sub>	58752,000		Jumlah	95.152.725.912
X <sub>2a</sub>	641,000	X <sub>2b</sub>	52,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2b</sub>	0,000	Vs <sub>2b</sub>	58752,000			
X <sub>2a</sub>	641,000	X <sub>2b</sub>	52,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2c</sub>	3514,772	Vs <sub>2c</sub>	51840,000			
X <sub>2a</sub>	641,000	X <sub>2b</sub>	52,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2d</sub>	47519,161	Vs <sub>2d</sub>	56160,000			
X <sub>2a</sub>	641,000	X <sub>2b</sub>	52,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2e</sub>	9034,976	Vs <sub>2e</sub>	56160,000			
X <sub>2a</sub>	641,000	X <sub>2b</sub>	52,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2f</sub>	16016,790	Vs <sub>2f</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	641,000	X <sub>2b</sub>	52,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2g</sub>	0,000	Vs <sub>2g</sub>	44064,000			
X <sub>2a</sub>	641,000	X <sub>2b</sub>	52,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2h</sub>	0,000	Vs <sub>2h</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	641,000	X <sub>2b</sub>	52,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2i</sub>	15405,694	Vs <sub>2i</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	641,000	X <sub>2b</sub>	52,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2j</sub>	23760,379	Vs <sub>2j</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	641,000	X <sub>2b</sub>	52,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2k</sub>	18670,122	Vs <sub>2k</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	641,000	X <sub>2b</sub>	52,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2l</sub>	31813,200	Vs <sub>2l</sub>	41472,000			
X <sub>3a</sub>	253,000	X <sub>3b</sub>	440,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3a</sub>	12750,140	Vs <sub>3a</sub>	41472,000			
X <sub>3a</sub>	253,000	X <sub>3b</sub>	440,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3b</sub>	16373,484	Vs <sub>3b</sub>	41472,000			
X <sub>3a</sub>	253,000	X <sub>3b</sub>	440,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3c</sub>	28224,543	Vs <sub>3c</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	253,000	X <sub>3b</sub>	440,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3d</sub>	34138,268	Vs <sub>3d</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	253,000	X <sub>3b</sub>	440,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3e</sub>	35873,877	Vs <sub>3e</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	253,000	X <sub>3b</sub>	440,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3f</sub>	37147,938	Vs <sub>3f</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	253,000	X <sub>3b</sub>	440,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3g</sub>	37765,944	Vs <sub>3g</sub>	43200,000			
X <sub>3a</sub>	253,000	X <sub>3b</sub>	440,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3h</sub>	39867,479	Vs <sub>3h</sub>	44064,000			
X <sub>3a</sub>	253,000	X <sub>3b</sub>	440,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3i</sub>	33162,179	Vs <sub>3i</sub>	47520,000			
X <sub>3a</sub>	253,000	X <sub>3b</sub>	440,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3j</sub>	32933,732	Vs <sub>3j</sub>	48384,000			
X <sub>3a</sub>	253,000	X <sub>3b</sub>	440,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3k</sub>	28395,899	Vs <sub>3k</sub>	49248,000			
X <sub>3a</sub>	253,000	X <sub>3b</sub>	440,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3l</sub>	6043,327	Vs <sub>3l</sub>	50976,000			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Altertatif 1 (Direncanakan Setelah Pergeseran Musim)

MT I : Padi-Palawija (Kedelai)-Tebu

MT II : Padi-Palawija (Kacang Tanah)-Tebu

MT III : Padi-Palawija (Jagung)-Tebu

Keuntungan maksimum : Rp. 95.152.725.912



Tabel 4.97

Hasil Optimasi PTT Alternatif 2 dengan Debit Andalan 50%

Luas						Kontrol	Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi			
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	luas	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai				
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1a</sub>	2163,602	Vs <sub>1a</sub>	51840,000	MT I	Luas Padi	692,000	
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1b</sub>	0,000	Vs <sub>1b</sub>	51840,000		(Ha)	Luas Palawija	1,000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1c</sub>	0,000	Vs <sub>1c</sub>	60480,000			Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1d</sub>	0,000	Vs <sub>1d</sub>	60480,000	MT II	Luas Padi	620,000	
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1e</sub>	0,000	Vs <sub>1e</sub>	61344,000		(Ha)	Luas Palawija	73,000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1f</sub>	0,169	Vs <sub>1f</sub>	59616,000			Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1g</sub>	1,723	Vs <sub>1g</sub>	59616,000	MT III	Luas Padi	230,000	
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1h</sub>	1,780	Vs <sub>1h</sub>	59616,000		(Ha)	Luas Palawija	463,000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	58752,000			Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	58752,000	Z (Rp)	MT I	39.503.420.000	
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	58752,000		MT II	36.108.780.000	
X <sub>1a</sub>	692,000	X <sub>1b</sub>	1,000	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	51840,000		MT III	19.826.080.000	
X <sub>2a</sub>	620,000	X <sub>2b</sub>	73,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2a</sub>	19471,813	Vs <sub>2a</sub>	56160,000		Jumlah	95.438.280.000	
X <sub>2a</sub>	620,000	X <sub>2b</sub>	73,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2b</sub>	194,654	Vs <sub>2b</sub>	56160,000				
X <sub>2a</sub>	620,000	X <sub>2b</sub>	73,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2c</sub>	30696,832	Vs <sub>2c</sub>	43200,000				
X <sub>2a</sub>	620,000	X <sub>2b</sub>	73,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2d</sub>	0,000	Vs <sub>2d</sub>	44064,000				
X <sub>2a</sub>	620,000	X <sub>2b</sub>	73,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2e</sub>	0,000	Vs <sub>2e</sub>	43200,000				
X <sub>2a</sub>	620,000	X <sub>2b</sub>	73,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2f</sub>	11791,530	Vs <sub>2f</sub>	43200,000				
X <sub>2a</sub>	620,000	X <sub>2b</sub>	73,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2g</sub>	15753,879	Vs <sub>2g</sub>	43200,000				
X <sub>2a</sub>	620,000	X <sub>2b</sub>	73,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2h</sub>	34674,769	Vs <sub>2h</sub>	43200,000				
X <sub>2a</sub>	620,000	X <sub>2b</sub>	73,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2i</sub>	39505,549	Vs <sub>2i</sub>	41472,000				
X <sub>2a</sub>	620,000	X <sub>2b</sub>	73,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2j</sub>	40073,585	Vs <sub>2j</sub>	41472,000				
X <sub>2a</sub>	620,000	X <sub>2b</sub>	73,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2k</sub>	17619,745	Vs <sub>2k</sub>	41472,000				
X <sub>2a</sub>	620,000	X <sub>2b</sub>	73,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2l</sub>	31962,199	Vs <sub>2l</sub>	38880,000				
X <sub>3a</sub>	230,000	X <sub>3b</sub>	463,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3a</sub>	19613,497	Vs <sub>3a</sub>	38880,000				
X <sub>3a</sub>	230,000	X <sub>3b</sub>	463,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3b</sub>	23148,607	Vs <sub>3b</sub>	38880,000				
X <sub>3a</sub>	230,000	X <sub>3b</sub>	463,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3c</sub>	35202,220	Vs <sub>3c</sub>	37152,000				
X <sub>3a</sub>	230,000	X <sub>3b</sub>	463,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3d</sub>	39506,316	Vs <sub>3d</sub>	43200,000				
X <sub>3a</sub>	230,000	X <sub>3b</sub>	463,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3e</sub>	39029,348	Vs <sub>3e</sub>	44064,000				
X <sub>3a</sub>	230,000	X <sub>3b</sub>	463,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3f</sub>	36686,999	Vs <sub>3f</sub>	47520,000				
X <sub>3a</sub>	230,000	X <sub>3b</sub>	463,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3g</sub>	36590,220	Vs <sub>3g</sub>	48384,000				
X <sub>3a</sub>	230,000	X <sub>3b</sub>	463,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3h</sub>	37631,792	Vs <sub>3h</sub>	49248,000				
X <sub>3a</sub>	230,000	X <sub>3b</sub>	463,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3i</sub>	23596,709	Vs <sub>3i</sub>	50976,000				
X <sub>3a</sub>	230,000	X <sub>3b</sub>	463,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3j</sub>	23888,216	Vs <sub>3j</sub>	50976,000				
X <sub>3a</sub>	230,000	X <sub>3b</sub>	463,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3k</sub>	4389,142	Vs <sub>3k</sub>	50976,000				
X <sub>3a</sub>	230,000	X <sub>3b</sub>	463,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3l</sub>	9205,265	Vs <sub>3l</sub>	51840,000				

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Alternatif 2 (Direncanakan Setelah Pergeseran Musim)

MT I : Padi-Palawija (Jagung)-Tebu

MT II : Padi-Palawija (Kedelai)-Tebu

MT III : Padi-Palawija (Kacang Tanah)-Tebu

Keuntungan maksimum : Rp. 95.438.280.000



Tabel 4.98

Hasil Optimasi PTT Alternatif 3 dengan Debit Andalan 50%

Luas						Kontrol		Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi		
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	luas		Variabel	Nilai	Variabel	Nilai			
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1a</sub>	29456,417	Vs <sub>1a</sub>	50976,000	MT I	Luas Padi	627,311
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1b</sub>	37776,920	Vs <sub>1b</sub>	50976,000	(Ha)	Luas Palawija	65,689
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1c</sub>	2058,576	Vs <sub>1c</sub>	50976,000		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1d</sub>	51840,000	Vs <sub>1d</sub>	51840,000	MT II	Luas Padi	692,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1e</sub>	19528,331	Vs <sub>1e</sub>	51840,000	(Ha)	Luas Palawija	1,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1f</sub>	0,000	Vs <sub>1f</sub>	51840,000		Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1g</sub>	0,000	Vs <sub>1g</sub>	60480,000	MT III	Luas Padi	408,329
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1h</sub>	0,000	Vs <sub>1h</sub>	60480,000	(Ha)	Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	61344,000	Z (Rp)	MT I	36.572.867.679
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	59616,000		MT II	39.501.600.000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	59616,000		MT III	23.804.287.556
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	59616,000		Jumlah	99.878.755.235
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2a</sub>	0,000	Vs <sub>2a</sub>	58752,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2b</sub>	0,000	Vs <sub>2b</sub>	58752,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2c</sub>	15342,263	Vs <sub>2c</sub>	58752,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2d</sub>	6787,568	Vs <sub>2d</sub>	51840,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2e</sub>	40768,346	Vs <sub>2e</sub>	56160,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2f</sub>	0,000	Vs <sub>2f</sub>	56160,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2g</sub>	13832,422	Vs <sub>2g</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2h</sub>	0,000	Vs <sub>2h</sub>	44064,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2i</sub>	0,000	Vs <sub>2i</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2j</sub>	14170,219	Vs <sub>2j</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2k</sub>	18834,947	Vs <sub>2k</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	692,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000		Vb <sub>2l</sub>	28905,795	Vs <sub>2l</sub>	43200,000			
X <sub>3a</sub>	408,329	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	443,329		Vb <sub>3a</sub>	18344,215	Vs <sub>3a</sub>	41472,000			
X <sub>3a</sub>	408,329	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	443,329		Vb <sub>3b</sub>	24143,719	Vs <sub>3b</sub>	41472,000			
X <sub>3a</sub>	408,329	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	443,329		Vb <sub>3c</sub>	33676,430	Vs <sub>3c</sub>	41472,000			
X <sub>3a</sub>	408,329	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	443,329		Vb <sub>3d</sub>	38880,000	Vs <sub>3d</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	408,329	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	443,329		Vb <sub>3e</sub>	33632,811	Vs <sub>3e</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	408,329	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	443,329		Vb <sub>3f</sub>	28578,973	Vs <sub>3f</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	408,329	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	443,329		Vb <sub>3g</sub>	32836,988	Vs <sub>3g</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	408,329	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	443,329		Vb <sub>3h</sub>	34420,818	Vs <sub>3h</sub>	43200,000			
X <sub>3a</sub>	408,329	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	443,329		Vb <sub>3i</sub>	35606,056	Vs <sub>3i</sub>	44064,000			
X <sub>3a</sub>	408,329	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	443,329		Vb <sub>3j</sub>	34869,911	Vs <sub>3j</sub>	47520,000			
X <sub>3a</sub>	408,329	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	443,329		Vb <sub>3k</sub>	31636,507	Vs <sub>3k</sub>	48384,000			
X <sub>3a</sub>	408,329	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	443,329		Vb <sub>3l</sub>	23032,463	Vs <sub>3l</sub>	49248,000			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Alternatif 3 (Direncanakan Setelah Pergeseran Musim)

MT I : Padi-Palawija (Jagung)-Tebu

MT II : Padi-Palawija (Kacang Tanah)-Tebu

MT III : Padi-Tebu

Keuntungan maksimum : Rp. 99.878.755.235

Tabel 4.99

Hasil Optimasi PTT Alternatif 4 dengan Debit Andalan 50%

Luas						Kontrol	Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi		
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	luas	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai			
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1a</sub>	29456,417	Vs <sub>1a</sub>	55382,400	MT I	Luas Padi	627,311
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1b</sub>	37776,920	Vs <sub>1b</sub>	55555,200		(Ha) Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1c</sub>	2058,576	Vs <sub>1c</sub>	56073,600	MT II	Luas Padi	693,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1d</sub>	51840,000	Vs <sub>1d</sub>	58118,400		(Ha) Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1e</sub>	19528,331	Vs <sub>1e</sub>	60019,200	MT III	Luas Padi	202,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1f</sub>	0,000	Vs <sub>1f</sub>	61920,000		(Ha) Luas Palawija	491,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1g</sub>	0,000	Vs <sub>1g</sub>	74304,000	Z (Rp)	Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1h</sub>	0,000	Vs <sub>1h</sub>	74304,000		MT I	35.915.653.894
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	74044,800		MT II	39.548.722.500
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	73958,400		MT III	18.633.350.000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	71884,800		Jumlah	94.097.726.394
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	63849,600			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2a</sub>	0,000	Vs <sub>2a</sub>	67996,800			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2b</sub>	0,000	Vs <sub>2b</sub>	67996,800			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2c</sub>	15364,434	Vs <sub>2c</sub>	67996,800			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2d</sub>	6797,377	Vs <sub>2d</sub>	66096,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2e</sub>	40826,560	Vs <sub>2e</sub>	65923,200			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2f</sub>	0,000	Vs <sub>2f</sub>	65750,400			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2g</sub>	13852,411	Vs <sub>2g</sub>	64800,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2h</sub>	0,000	Vs <sub>2h</sub>	64713,600			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2i</sub>	0,000	Vs <sub>2i</sub>	64368,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2j</sub>	14180,621	Vs <sub>2j</sub>	62553,600			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2k</sub>	18852,014	Vs <sub>2k</sub>	62553,600			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2l</sub>	28939,884	Vs <sub>2l</sub>	62553,600			
X <sub>3a</sub>	202,000	X <sub>3b</sub>	491,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3a</sub>	14711,514	Vs <sub>3a</sub>	62208,000			
X <sub>3a</sub>	202,000	X <sub>3b</sub>	491,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3b</sub>	19103,844	Vs <sub>3b</sub>	61862,400			
X <sub>3a</sub>	202,000	X <sub>3b</sub>	491,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3c</sub>	24725,318	Vs <sub>3c</sub>	61344,000			
X <sub>3a</sub>	202,000	X <sub>3b</sub>	491,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3d</sub>	31652,408	Vs <sub>3d</sub>	60825,600			
X <sub>3a</sub>	202,000	X <sub>3b</sub>	491,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3e</sub>	30714,741	Vs <sub>3e</sub>	55296,000			
X <sub>3a</sub>	202,000	X <sub>3b</sub>	491,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3f</sub>	29440,173	Vs <sub>3f</sub>	55123,200			
X <sub>3a</sub>	202,000	X <sub>3b</sub>	491,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3g</sub>	37140,917	Vs <sub>3g</sub>	47260,800			
X <sub>3a</sub>	202,000	X <sub>3b</sub>	491,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3h</sub>	38098,472	Vs <sub>3h</sub>	47520,000			
X <sub>3a</sub>	202,000	X <sub>3b</sub>	491,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3i</sub>	38620,391	Vs <sub>3i</sub>	51062,400			
X <sub>3a</sub>	202,000	X <sub>3b</sub>	491,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3j</sub>	33986,602	Vs <sub>3j</sub>	52416,000			
X <sub>3a</sub>	202,000	X <sub>3b</sub>	491,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3k</sub>	25859,473	Vs <sub>3k</sub>	54316,800			
X <sub>3a</sub>	202,000	X <sub>3b</sub>	491,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3l</sub>	11836,273	Vs <sub>3l</sub>	56217,600			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Alternatif 4 (Direncanakan Setelah Pergeseran Musim)

MT I : Padi- Tebu

MT II : Padi- Tebu

MT III : Padi-Palawija (Kacang Tanah)-Tebu

Keuntungan maksimum : Rp. 94.097.726.394

Tabel 4.100

Hasil Optimasi PTT Alternatif 5 dengan Debit Andalan 50%

Luas						Kontrol		Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi		
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	luas	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai				
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1a</sub>	29456,417	Vs <sub>1a</sub>	55382,400	MT I	Luas Padi	627,311	
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1b</sub>	37776,920	Vs <sub>1b</sub>	55555,200	(Ha)	Luas Palawija	65,689	
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1c</sub>	2058,576	Vs <sub>1c</sub>	56073,600		Luas Tebu	35,000	
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1d</sub>	51840,000	Vs <sub>1d</sub>	58118,400	MT II	Luas Padi	693,000	
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1e</sub>	19528,331	Vs <sub>1e</sub>	60019,200	(Ha)	Luas Tebu	35,000	
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1f</sub>	0,000	Vs <sub>1f</sub>	61920,000	MT III	Luas Padi	160,000	
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1g</sub>	0,000	Vs <sub>1g</sub>	74304,000	(Ha)	Luas Palawija	533,000	
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1h</sub>	0,000	Vs <sub>1h</sub>	74304,000		Luas Tebu	35,000	
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	74044,800	Z (Rp)	MT I	36.572.867.679	
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	73958,400		MT II	39.548.722.500	
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	71884,800		MT III	16.844.255.000	
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	65,689	X <sub>1c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	63849,600		Jumlah	92.965.845.179	
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2a</sub>	0,000	Vs <sub>2a</sub>	67996,800				
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2b</sub>	0,000	Vs <sub>2b</sub>	67996,800				
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2c</sub>	15364,434	Vs <sub>2c</sub>	67996,800				
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2d</sub>	6797,377	Vs <sub>2d</sub>	66096,000				
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2e</sub>	40826,560	Vs <sub>2e</sub>	65923,200				
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2f</sub>	0,000	Vs <sub>2f</sub>	65750,400				
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2g</sub>	13852,411	Vs <sub>2g</sub>	64800,000				
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2h</sub>	0,000	Vs <sub>2h</sub>	64713,600				
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2i</sub>	0,000	Vs <sub>2i</sub>	64368,000				
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2j</sub>	14180,621	Vs <sub>2j</sub>	62553,600				
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2k</sub>	18852,014	Vs <sub>2k</sub>	62553,600				
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2l</sub>	28939,884	Vs <sub>2l</sub>	62553,600				
X <sub>3a</sub>	160,000	X <sub>3b</sub>	533,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3a</sub>	13362,474	Vs <sub>3a</sub>	62208,000				
X <sub>3a</sub>	160,000	X <sub>3b</sub>	533,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3b</sub>	17289,083	Vs <sub>3b</sub>	61862,400				
X <sub>3a</sub>	160,000	X <sub>3b</sub>	533,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3c</sub>	22005,505	Vs <sub>3c</sub>	61344,000				
X <sub>3a</sub>	160,000	X <sub>3b</sub>	533,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3d</sub>	28787,958	Vs <sub>3d</sub>	60825,600				
X <sub>3a</sub>	160,000	X <sub>3b</sub>	533,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3e</sub>	28531,842	Vs <sub>3e</sub>	55296,000				
X <sub>3a</sub>	160,000	X <sub>3b</sub>	533,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3f</sub>	27881,937	Vs <sub>3f</sub>	55123,200				
X <sub>3a</sub>	160,000	X <sub>3b</sub>	533,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3g</sub>	35639,032	Vs <sub>3g</sub>	47260,800				
X <sub>3a</sub>	160,000	X <sub>3b</sub>	533,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3h</sub>	36440,961	Vs <sub>3h</sub>	47520,000				
X <sub>3a</sub>	160,000	X <sub>3b</sub>	533,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3i</sub>	36827,856	Vs <sub>3i</sub>	51062,400				
X <sub>3a</sub>	160,000	X <sub>3b</sub>	533,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3j</sub>	31895,356	Vs <sub>3j</sub>	52416,000				
X <sub>3a</sub>	160,000	X <sub>3b</sub>	533,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3k</sub>	23536,645	Vs <sub>3k</sub>	54316,800				
X <sub>3a</sub>	160,000	X <sub>3b</sub>	533,000	X <sub>3c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>3l</sub>	9557,195	Vs <sub>3l</sub>	56217,600				

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Alternatif 5 (Direncanakan Setelah Pergeseran Musim)

MT I : Padi-Palawija (Jagung)-Tebu

MT II : Padi- Tebu

MT III : Padi-Palawija (Kacang Tanah)-Tebu

Keuntungan maksimum : Rp. 92.965.845.179

Tabel 4.101

Hasil Optimasi PTT Alternatif 6 dengan Debit Andalan 50%

Luas						Kontrol	Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi		
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	luas	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai			
X <sub>1a</sub>	632,605	X <sub>1b</sub>	95,395	X <sub>1c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>1a</sub>	29044,387	Vs <sub>1a</sub>	55382,400	MT I	Luas Padi	632,605
X <sub>1a</sub>	632,605	X <sub>1b</sub>	95,395	X <sub>1c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>1b</sub>	37445,745	Vs <sub>1b</sub>	55555,200		(Ha) Luas Palawija	95,395
X <sub>1a</sub>	632,605	X <sub>1b</sub>	95,395	X <sub>1c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>1c</sub>	2075,947	Vs <sub>1c</sub>	56073,600		MT II Luas Padi	727,000
X <sub>1a</sub>	632,605	X <sub>1b</sub>	95,395	X <sub>1c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>1d</sub>	51840,000	Vs <sub>1d</sub>	58118,400	MT III	Luas Palawija	1,000
X <sub>1a</sub>	632,605	X <sub>1b</sub>	95,395	X <sub>1c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>1e</sub>	19693,114	Vs <sub>1e</sub>	60019,200		Luas Padi	203,000
X <sub>1a</sub>	632,605	X <sub>1b</sub>	95,395	X <sub>1c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>1f</sub>	0,000	Vs <sub>1f</sub>	61920,000		(Ha) Luas Palawija	525,000
X <sub>1a</sub>	632,605	X <sub>1b</sub>	95,395	X <sub>1c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>1g</sub>	0,000	Vs <sub>1g</sub>	74304,000	Z (Rp)	MT I	35.942.218.637
X <sub>1a</sub>	632,605	X <sub>1b</sub>	95,395	X <sub>1c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>1h</sub>	0,000	Vs <sub>1h</sub>	74304,000		MT II	40.216.737.500
X <sub>1a</sub>	632,605	X <sub>1b</sub>	95,395	X <sub>1c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	74044,800		MT III	17.900.172.500
X <sub>1a</sub>	632,605	X <sub>1b</sub>	95,395	X <sub>1c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	73958,400		Jumlah	94.059.128.637
X <sub>1a</sub>	632,605	X <sub>1b</sub>	95,395	X <sub>1c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	71884,800			
X <sub>1a</sub>	632,605	X <sub>1b</sub>	95,395	X <sub>1c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	63849,600			
X <sub>2a</sub>	727,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>2a</sub>	0,000	Vs <sub>2a</sub>	67996,800			
X <sub>2a</sub>	727,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>2b</sub>	0,000	Vs <sub>2b</sub>	67996,800			
X <sub>2a</sub>	727,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>2c</sub>	16118,244	Vs <sub>2c</sub>	67996,800			
X <sub>2a</sub>	727,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>2d</sub>	7130,870	Vs <sub>2d</sub>	66096,000			
X <sub>2a</sub>	727,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>2e</sub>	42321,865	Vs <sub>2e</sub>	65923,200			
X <sub>2a</sub>	727,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>2f</sub>	0,000	Vs <sub>2f</sub>	65750,400			
X <sub>2a</sub>	727,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>2g</sub>	14532,039	Vs <sub>2g</sub>	64800,000			
X <sub>2a</sub>	727,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>2h</sub>	0,000	Vs <sub>2h</sub>	64713,600			
X <sub>2a</sub>	727,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>2i</sub>	0,000	Vs <sub>2i</sub>	64368,000			
X <sub>2a</sub>	727,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>2j</sub>	14876,352	Vs <sub>2j</sub>	62553,600			
X <sub>2a</sub>	727,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>2k</sub>	19721,661	Vs <sub>2k</sub>	62553,600			
X <sub>2a</sub>	727,000	X <sub>2b</sub>	1,000	X <sub>2c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>2l</sub>	29484,935	Vs <sub>2l</sub>	62553,600			
X <sub>3a</sub>	203,000	X <sub>3b</sub>	525,000	X <sub>3c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>3a</sub>	15309,548	Vs <sub>3a</sub>	62208,000			
X <sub>3a</sub>	203,000	X <sub>3b</sub>	525,000	X <sub>3c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>3b</sub>	18681,842	Vs <sub>3b</sub>	61862,400			
X <sub>3a</sub>	203,000	X <sub>3b</sub>	525,000	X <sub>3c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>3c</sub>	24424,233	Vs <sub>3c</sub>	61344,000			
X <sub>3a</sub>	203,000	X <sub>3b</sub>	525,000	X <sub>3c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>3d</sub>	31348,036	Vs <sub>3d</sub>	60825,600			
X <sub>3a</sub>	203,000	X <sub>3b</sub>	525,000	X <sub>3c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>3e</sub>	30512,338	Vs <sub>3e</sub>	55296,000			
X <sub>3a</sub>	203,000	X <sub>3b</sub>	525,000	X <sub>3c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>3f</sub>	29310,259	Vs <sub>3f</sub>	55123,200			
X <sub>3a</sub>	203,000	X <sub>3b</sub>	525,000	X <sub>3c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>3g</sub>	37134,182	Vs <sub>3g</sub>	47260,800			
X <sub>3a</sub>	203,000	X <sub>3b</sub>	525,000	X <sub>3c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>3h</sub>	38239,922	Vs <sub>3h</sub>	47520,000			
X <sub>3a</sub>	203,000	X <sub>3b</sub>	525,000	X <sub>3c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>3i</sub>	38892,539	Vs <sub>3i</sub>	51062,400			
X <sub>3a</sub>	203,000	X <sub>3b</sub>	525,000	X <sub>3c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>3j</sub>	34121,463	Vs <sub>3j</sub>	52416,000			
X <sub>3a</sub>	203,000	X <sub>3b</sub>	525,000	X <sub>3c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>3k</sub>	25635,265	Vs <sub>3k</sub>	54316,800			
X <sub>3a</sub>	203,000	X <sub>3b</sub>	525,000	X <sub>3c</sub>	0,000	728,000	Vb <sub>3l</sub>	11015,540	Vs <sub>3l</sub>	56217,600			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Alternatif 6 (Direncanakan Setelah Pergeseran Musim)

MT I : Padi-Palawija (Jagung)

MT II : Padi- Palawija (Kedelai)

MT III : Padi-Palawija (Kacang Tanah)

Keuntungan maksimum : Rp. 94.059.128.637

Tabel 4.102

Hasil Optimasi PTT Alternatif 7 dengan Debit Andalan 50%

Luas						Kontrol	Total Volume Kebutuhan		Kontrol		Rekapitulasi Optimasi		
Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	luas	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai			
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1a</sub>	11637,112	Vs <sub>1a</sub>	50976,000	MT I	Luas Padi	627,311
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1b</sub>	31503,806	Vs <sub>1b</sub>	50976,000		(Ha) Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1c</sub>	0,000	Vs <sub>1c</sub>	50976,000		MT II Luas Padi	693,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1d</sub>	51840,000	Vs <sub>1d</sub>	51840,000	(Ha)	Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1e</sub>	19528,331	Vs <sub>1e</sub>	51840,000	MT III	Luas Padi	457,647
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1f</sub>	0,000	Vs <sub>1f</sub>	51840,000		(Ha) Luas Tebu	35,000
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1g</sub>	0,000	Vs <sub>1g</sub>	60480,000		MT I	35.915.653.894
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1h</sub>	0,000	Vs <sub>1h</sub>	60480,000	Z (Rp)	MT II	39.548.722.500
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1i</sub>	0,000	Vs <sub>1i</sub>	61344,000		MT III	26.531.917.709
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1j</sub>	0,000	Vs <sub>1j</sub>	59616,000		Jumlah	101.996.294.103
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1k</sub>	0,000	Vs <sub>1k</sub>	59616,000			
X <sub>1a</sub>	627,311	X <sub>1b</sub>	0,000	X <sub>1c</sub>	35,000	662,311	Vb <sub>1l</sub>	0,000	Vs <sub>1l</sub>	59616,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2a</sub>	0,000	Vs <sub>2a</sub>	58752,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2b</sub>	0,000	Vs <sub>2b</sub>	58752,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2c</sub>	15364,434	Vs <sub>2c</sub>	58752,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2d</sub>	6797,377	Vs <sub>2d</sub>	51840,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2e</sub>	40826,560	Vs <sub>2e</sub>	56160,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2f</sub>	0,000	Vs <sub>2f</sub>	56160,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2g</sub>	13852,411	Vs <sub>2g</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2h</sub>	0,000	Vs <sub>2h</sub>	44064,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2i</sub>	0,000	Vs <sub>2i</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2j</sub>	14180,621	Vs <sub>2j</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2k</sub>	18852,014	Vs <sub>2k</sub>	43200,000			
X <sub>2a</sub>	693,000	X <sub>2b</sub>	0,000	X <sub>2c</sub>	35,000	728,000	Vb <sub>2l</sub>	28939,884	Vs <sub>2l</sub>	43200,000			
X <sub>3a</sub>	457,647	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	492,647	Vb <sub>3a</sub>	20447,090	Vs <sub>3a</sub>	41472,000			
X <sub>3a</sub>	457,647	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	492,647	Vb <sub>3b</sub>	26946,036	Vs <sub>3b</sub>	41472,000			
X <sub>3a</sub>	457,647	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	492,647	Vb <sub>3c</sub>	37634,157	Vs <sub>3c</sub>	41472,000			
X <sub>3a</sub>	457,647	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	492,647	Vb <sub>3d</sub>	38880,000	Vs <sub>3d</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	457,647	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	492,647	Vb <sub>3e</sub>	23813,629	Vs <sub>3e</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	457,647	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	492,647	Vb <sub>3f</sub>	8747,258	Vs <sub>3f</sub>	38880,000			
X <sub>3a</sub>	457,647	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	492,647	Vb <sub>3g</sub>	2114,416	Vs <sub>3g</sub>	37152,000			
X <sub>3a</sub>	457,647	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	492,647	Vb <sub>3h</sub>	3258,174	Vs <sub>3h</sub>	43200,000			
X <sub>3a</sub>	457,647	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	492,647	Vb <sub>3i</sub>	4401,933	Vs <sub>3i</sub>	44064,000			
X <sub>3a</sub>	457,647	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	492,647	Vb <sub>3j</sub>	4883,162	Vs <sub>3j</sub>	47520,000			
X <sub>3a</sub>	457,647	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	492,647	Vb <sub>3k</sub>	4150,319	Vs <sub>3k</sub>	48384,000			
X <sub>3a</sub>	457,647	X <sub>3b</sub>	0,000	X <sub>3c</sub>	35,000	492,647	Vb <sub>3l</sub>	2781,857	Vs <sub>3l</sub>	49248,000			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Keterangan:

Pola Tata Tanam Alternatif 7 (Direncanakan Setelah Pergeseran Musim)

MT I : Padi-Tebu

MT II : Padi-Tebu

MT III : Padi-Tebu

Keuntungan maksimum : 101.996.294.103

#### 4.15. Perhitungan Neraca Air Sebelum Optimasi

Analisis neraca air dilakukan dengan membandingkan kebutuhan air irigasi dengan berbagai alternatif pola tata tanam dengan ketersediaan air keandalan 80% dan keandalan 50%. Dengan adanya neraca air kekurangan dan kelebihan air dapat dipantau atau dievaluasi pada perencanaan pola tata tanam alternatif selanjutnya.



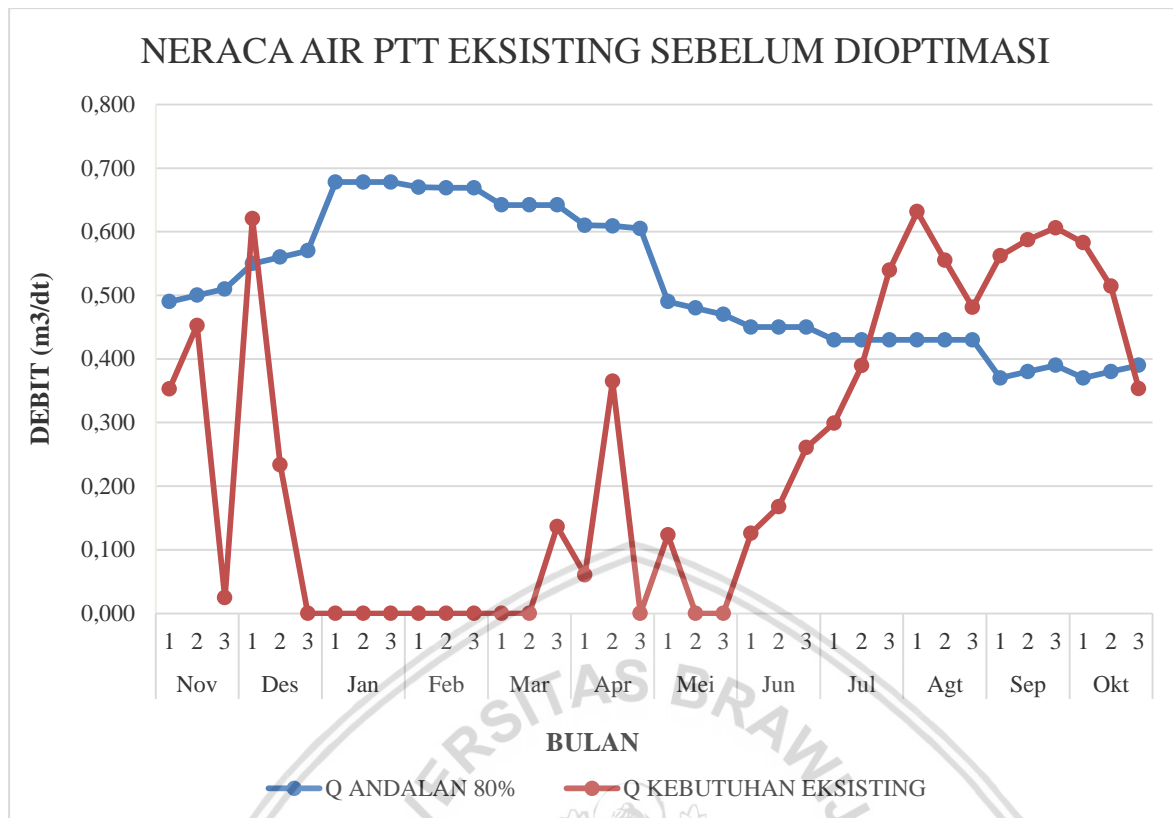
Tabel 4.103

Neraca Air PTT Eksisting Berdasarkan Debit Andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IIRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	EKSISTING	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,490	0,353	0,137	Surplus
	2	0,500	0,452	0,048	Surplus
	3	0,510	0,025	0,485	Surplus
Des	1	0,550	0,620	-0,070	Defisit
	2	0,560	0,233	0,327	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
Jan	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
Feb	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
Mar	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,137	0,505	Surplus
Apr	1	0,610	0,060	0,550	Surplus
	2	0,609	0,365	0,244	Surplus
	3	0,605	0,000	0,605	Surplus
Mei	1	0,490	0,123	0,367	Surplus
	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
Jun	1	0,450	0,126	0,324	Surplus
	2	0,450	0,168	0,282	Surplus
	3	0,450	0,261	0,189	Surplus
Jul	1	0,430	0,299	0,131	Surplus
	2	0,430	0,390	0,040	Surplus
	3	0,430	0,540	-0,110	Defisit
Agt	1	0,430	0,631	-0,201	Defisit
	2	0,430	0,555	-0,125	Defisit
	3	0,430	0,481	-0,051	Defisit
Sep	1	0,370	0,562	-0,192	Defisit
	2	0,380	0,587	-0,207	Defisit
	3	0,390	0,606	-0,216	Defisit
Okt	1	0,370	0,583	-0,213	Defisit
	2	0,380	0,514	-0,134	Defisit
	3	0,390	0,353	0,037	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018





Gambar 4.13 Neraca air PTT eksisting berdasarkan debit andalan 80%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.13 merupakan neraca air PTT Eksisting berdasarkan debit andalan 80% bahwa kebutuhan air irigasi dengan PTT Eksisting untuk awal musim tanam dan Musim Tanam III (MT III) hampir sama seperti sebelumnya lebih besar daripada debit andalan 80% yang mewakili debit air rendah di daerah irigasi tersebut. Sehingga ketersediaan air yang ada tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan air irigasi. Pada awal masa penyiapan lahan, bulan Desember periode I mengalami defisit kembali sebesar -0,070 m<sup>3</sup>/dt. Pada sepanjang musim kemarau II, tepatnya dari bulan Juli sampai dengan bulan Oktober juga mengalami defisit sepanjang periode. Defisit tertinggi pada bulan September periode II sebesar -0,216 m<sup>3</sup>/dt. Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 27,8% (10 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 72,2% (26 kejadian defisit dari total 36 kejadian).

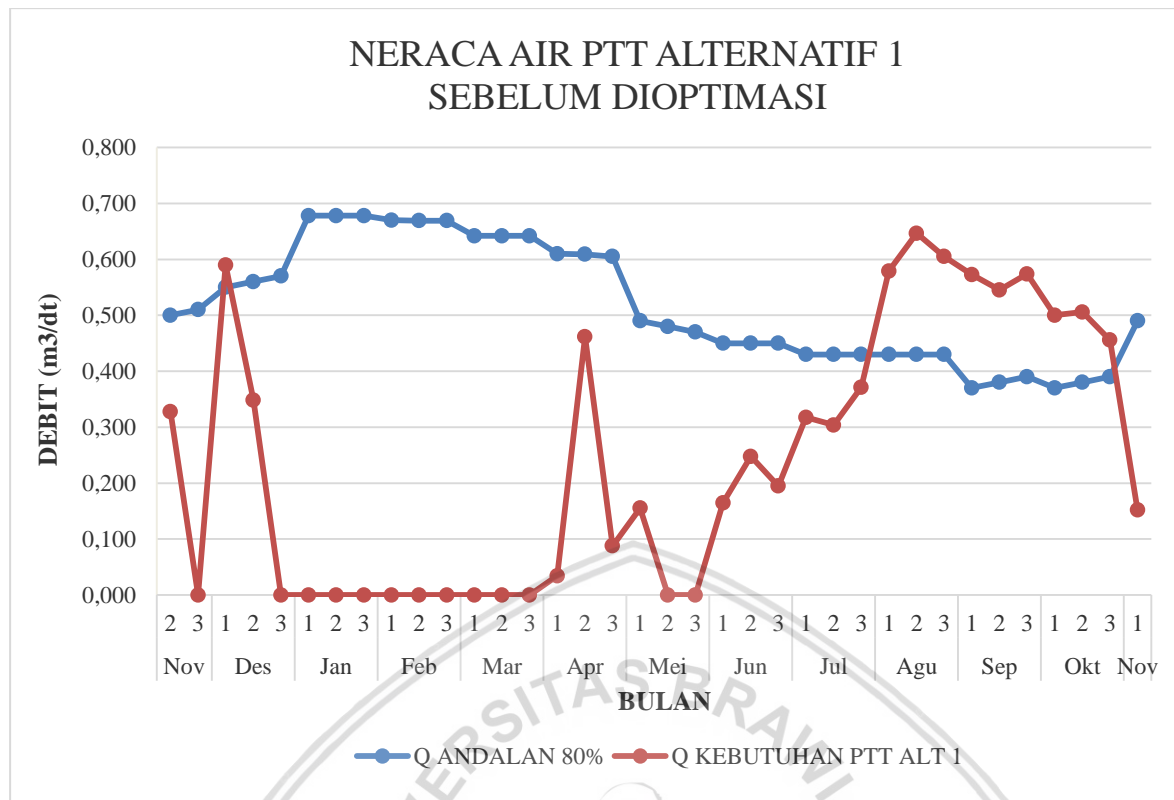
Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal. Perlunya dilakukan pergeseran awal musim tanam yang berkebutuhan air lebih besar menyesuaikan akibat pergeseran musim yang terjadi dan antisipasi dalam menanam tanaman tetap memperhatikan pemilihan jenis tanaman yang sesuai dengan persediaan air irigasi.

Tabel 4.104

Neraca Air PTT Alternatif 1 Berdasarkan Debit Andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 1	LEBIH (+) KURANG (-)	KONDISI
Nov	2	0,500	0,327	0,173	Surplus
	3	0,510	0,000	0,510	Surplus
Des	1	0,550	0,590	-0,040	Defisit
	2	0,560	0,348	0,212	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
Jan	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
Feb	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
Mar	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,000	0,642	Surplus
Apr	1	0,610	0,034	0,576	Surplus
	2	0,609	0,462	0,147	Surplus
	3	0,605	0,088	0,517	Surplus
Mei	1	0,490	0,155	0,335	Surplus
	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
Jun	1	0,450	0,165	0,285	Surplus
	2	0,450	0,248	0,202	Surplus
	3	0,450	0,195	0,255	Surplus
Jul	1	0,430	0,317	0,113	Surplus
	2	0,430	0,304	0,126	Surplus
	3	0,430	0,371	0,059	Surplus
Agu	1	0,430	0,579	-0,149	Defisit
	2	0,430	0,647	-0,217	Defisit
	3	0,430	0,605	-0,175	Defisit
Sep	1	0,370	0,573	-0,203	Defisit
	2	0,380	0,545	-0,165	Defisit
	3	0,390	0,574	-0,184	Defisit
Okt	1	0,370	0,500	-0,130	Defisit
	2	0,380	0,506	-0,126	Defisit
	3	0,390	0,456	-0,066	Defisit
Nov	1	0,490	0,152	0,338	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.14 Neraca air PTT alternatif 1 berdasarkan debit andalan 80%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.14 merupakan neraca air PTT Alternatif 1 berdasarkan debit andalan 80% bahwa kebutuhan air irigasi dengan PTT Alternatif 1 untuk awal musim tanam dengan debit andalan 80% yang mewakili debit air rendah di daerah irigasi tersebut. Pola Tata Tanam Alternatif 1, untuk menyesuaikan akibat adanya pergeseran musim dilakukan penggeseran jadwal tanam dari rencana pola tata tanam eksisting. Pergeseran jadwal awal tanam dilakukan dari bulan November periode I ke bulan November periode II. Pergeseran tersebut selisih satu periode dari pola tata tanam yang telah diterapkan.

Pada awal masa penyiapan lahan, bulan Desember periode I masih mengalami defisit kembali sebesar  $-0,040 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Pada sepanjang musim kemarau II, tepatnya dari bulan Agustus sampai dengan bulan Oktober mengalami defisit hampir sepanjang periode. Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 27,8% (10 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 72,2% (26 kejadian surplus dari total 36 kejadian). Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal.

Tabel 4.105

Neraca air PTT alternatif 2 berdasarkan debit andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 2	LEBIH (+) KURANG (-)	KONDISI
Des	2	0,560	0,024	0,536	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
Jan	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
Feb	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
Mar	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,000	0,642	Surplus
	1	0,610	0,000	0,610	Surplus
Apr	2	0,609	0,196	0,413	Surplus
	3	0,605	0,002	0,603	Surplus
	1	0,490	0,308	0,182	Surplus
Mei	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
	1	0,450	0,123	0,327	Surplus
Jun	2	0,450	0,163	0,287	Surplus
	3	0,450	0,352	0,098	Surplus
	1	0,430	0,418	0,012	Surplus
Jul	2	0,430	0,420	0,010	Surplus
	3	0,430	0,188	0,242	Surplus
	1	0,430	0,338	0,092	Surplus
Agu	2	0,430	0,333	0,097	Surplus
	3	0,430	0,417	0,013	Surplus
	1	0,370	0,642	-0,272	Defisit
Sep	2	0,380	0,704	-0,324	Defisit
	3	0,390	0,640	-0,250	Defisit
	1	0,370	0,560	-0,190	Defisit
Okt	2	0,380	0,544	-0,164	Defisit
	3	0,390	0,569	-0,179	Defisit
	1	0,490	0,471	0,019	Surplus
Nov	2	0,500	0,480	0,020	Surplus
	3	0,510	0,014	0,496	Surplus
Des	1	0,550	0,248	0,302	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.15 merupakan neraca air PTT Alternatif 2 untuk awal musim tanam dengan debit andalan 80% mencukupi bahkan cenderung berlebih 0,536 m<sup>3</sup>/dt untuk bulan Desember periode II, 0,570 m<sup>3</sup>/dt untuk bulan Desember periode III, dan 0,678 m<sup>3</sup>/dt untuk bulan Januari periode I. Pada musim hujan debit andalan 80% sangat surplus sedangkan untuk musim kemarau sangat defisit. Pada akhir musim kemarau II, tepatnya dari bulan September sampai dengan bulan Oktober mengalami defisit sepanjang periode. Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 16,7% (6 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 83,3% (30 kejadian surplus dari total 36 kejadian).

Pola Tata Tanam Alternatif 2 dilakukan pergeseran awal musim tanam pergeseran awal masa penyiapan lahan dari bulan November periode I ke bulan Desember periode II. Pergeseran awal musim tanam tersebut solusi yang dapat dikatakan berhasil menyesuaikan pergeseran musim dikarenakan hasil analisis neraca air PTT Alternatif 2 untuk awal musim tanam mengalami surplus. Sedangkan kondisi musim kemarau yang tetap defisit, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal.

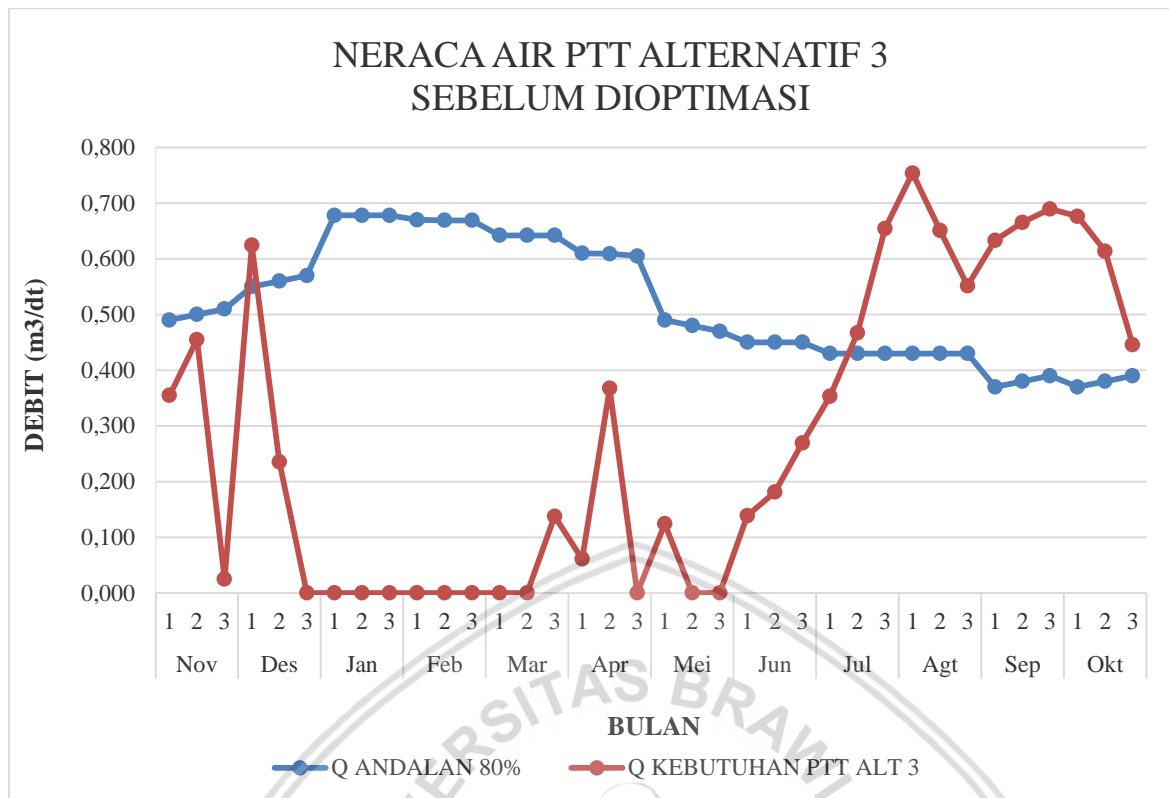
Tabel 4.106

Neraca Air PTT Alternatif 3 Berdasarkan Debit Andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )		KONDISI
		80% ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	PTT ALT 3	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,490	0,355	0,135	Surplus
	2	0,500	0,455	0,045	Surplus
	3	0,510	0,025	0,485	Surplus
Des	1	0,550	0,624	-0,074	Defisit
	2	0,560	0,235	0,325	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
Jan	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
Feb	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
Mar	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,138	0,504	Surplus
Apr	1	0,610	0,061	0,549	Surplus
	2	0,609	0,367	0,242	Surplus
	3	0,605	0,000	0,605	Surplus
Mei	1	0,490	0,124	0,366	Surplus
	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
Jun	1	0,450	0,139	0,311	Surplus
	2	0,450	0,181	0,269	Surplus
	3	0,450	0,269	0,181	Surplus
Jul	1	0,430	0,353	0,077	Surplus
	2	0,430	0,467	-0,037	Defisit
	3	0,430	0,654	-0,224	Defisit
Agt	1	0,430	0,754	-0,324	Defisit
	2	0,430	0,651	-0,221	Defisit
	3	0,430	0,552	-0,122	Defisit
Sep	1	0,370	0,633	-0,263	Defisit
	2	0,380	0,665	-0,285	Defisit
	3	0,390	0,690	-0,300	Defisit
Okt	1	0,370	0,676	-0,306	Defisit
	2	0,380	0,614	-0,234	Defisit
	3	0,390	0,445	-0,055	Defisit

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018





Gambar 4.16 Neraca air PTT alternatif 3 berdasarkan debit andalan 80%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.16 merupakan neraca air PTT Alternatif 3 berdasarkan debit andalan 80% bahwa kebutuhan air irigasi dengan PTT Alternatif 3 untuk awal musim tanam dengan debit andalan 80% yang mewakili debit air rendah di daerah irigasi tersebut. Pada awal masa penyiapan lahan, bulan Desember periode I mengalami defisit kembali sebesar  $-0,074 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Pada sepanjang musim kemarau II, tepatnya dari bulan Juli sampai dengan bulan Oktober mengalami defisit sepanjang periode. Defisit tertinggi terjadi pada bulan Agustus periode I sebesar  $-0,324 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 33,3% (12 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 66,7% (24 kejadian defisit dari total 36 kejadian).

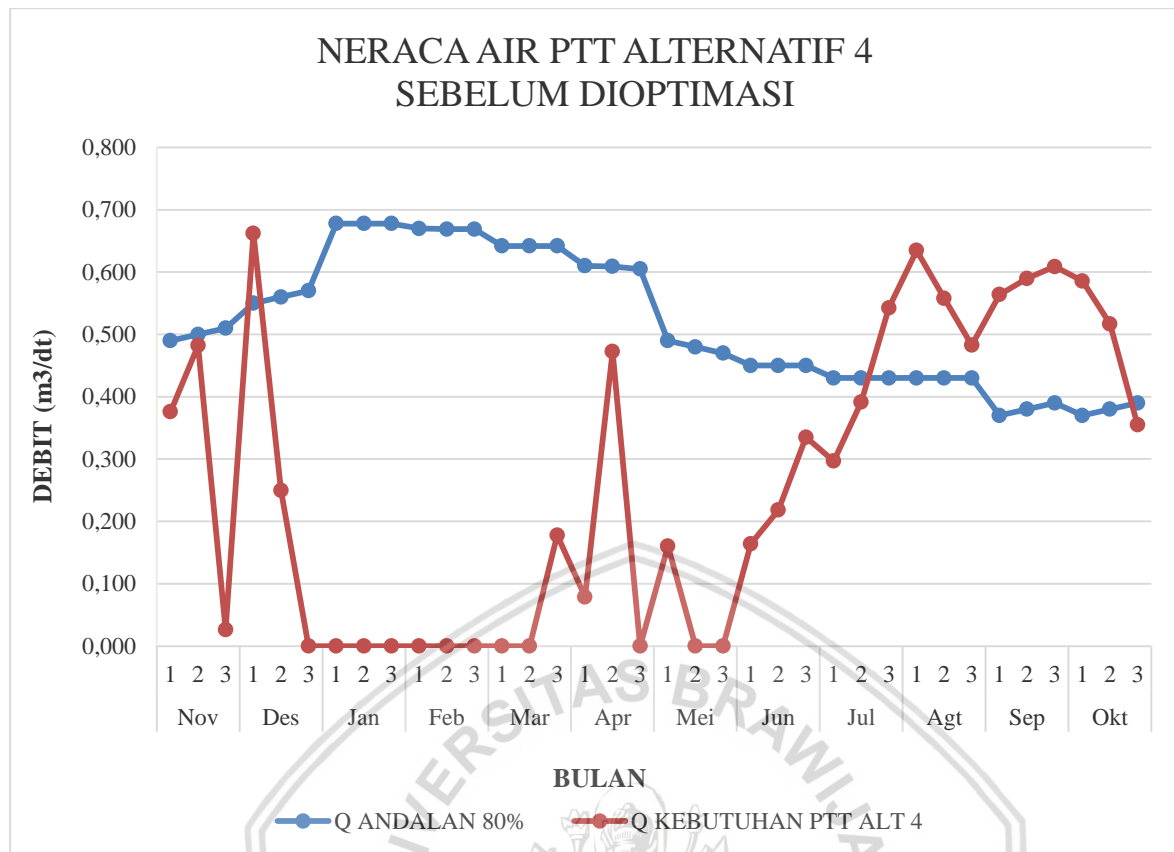
Pola Tata Tanam Alternatif 3 dilakukan perubahan pemilihan jenis tanaman pada Musim Kemarau II (Musim Tanam III) diharapkan dapat menyeimbangkan neraca air dimusim kemarau. Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal.

Tabel 4.107

Neraca Air PTT Alternatif 4 Berdasarkan Debit Andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 4	LEBIH (+) KURANG (-)	KONDISI
Nov	1	0,490	0,376	0,114	Surplus
	2	0,500	0,482	0,018	Surplus
	3	0,510	0,026	0,484	Surplus
Des	1	0,550	0,662	-0,112	Defisit
	2	0,560	0,250	0,310	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
Jan	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
Feb	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
Mar	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,178	0,464	Surplus
Apr	1	0,610	0,079	0,531	Surplus
	2	0,609	0,473	0,136	Surplus
	3	0,605	0,000	0,605	Surplus
Mei	1	0,490	0,160	0,330	Surplus
	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
Jun	1	0,450	0,164	0,286	Surplus
	2	0,450	0,218	0,232	Surplus
	3	0,450	0,335	0,115	Surplus
Jul	1	0,430	0,297	0,133	Surplus
	2	0,430	0,391	0,039	Surplus
	3	0,430	0,543	-0,113	Defisit
Agt	1	0,430	0,635	-0,205	Defisit
	2	0,430	0,558	-0,128	Defisit
	3	0,430	0,483	-0,053	Defisit
Sep	1	0,370	0,564	-0,194	Defisit
	2	0,380	0,590	-0,210	Defisit
	3	0,390	0,609	-0,219	Defisit
Okt	1	0,370	0,586	-0,216	Defisit
	2	0,380	0,517	-0,137	Defisit
	3	0,390	0,355	0,035	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.17 Neraca air PTT alternatif 4 berdasarkan debit andalan 80%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.17 merupakan neraca air PTT Alternatif 4 berdasarkan debit andalan 80% bahwa kebutuhan air irigasi dengan PTT Alternatif 4 untuk awal musim tanam dengan debit andalan 80% yang mewakili debit air rendah di daerah irigasi tersebut. Pada awal masa penyiapan lahan, bulan Desember periode I mengalami defisit kembali sebesar  $-0,112 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Pada sepanjang musim kemarau II, tepatnya dari bulan Juli sampai dengan bulan Oktober mengalami defisit sepanjang periode. Defisit tertinggi terjadi pada bulan September periode III sebesar  $-0,219 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 27,8% (10 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 72,2% (26 kejadian defisit dari total 36 kejadian).

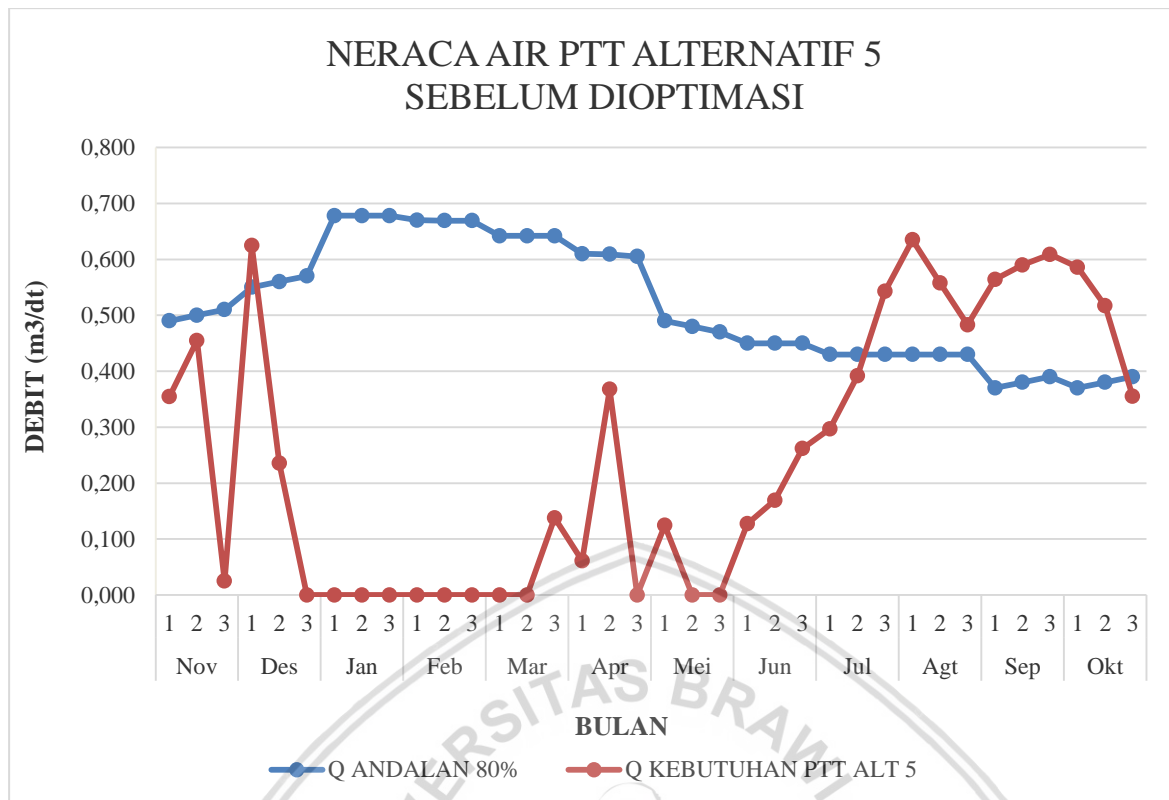
Pola Tata Tanam Alternatif 4 dilakukan perubahan pemilihan jenis tanaman pada Musim Tanam I dan Musim Tanam II diharapkan dapat menyeimbangkan neraca air pada awal masa penyiapan lahan. Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal.

Tabel 4.108

Neraca Air PTT Alternatif 5 Berdasarkan Debit Andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 5	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,490	0,355	0,135	Surplus
	2	0,500	0,455	0,045	Surplus
	3	0,510	0,025	0,485	Surplus
Des	1	0,550	0,624	-0,074	Defisit
	2	0,560	0,235	0,325	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
Jan	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
Feb	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
Mar	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,138	0,504	Surplus
Apr	1	0,610	0,061	0,549	Surplus
	2	0,609	0,367	0,242	Surplus
	3	0,605	0,000	0,605	Surplus
Mei	1	0,490	0,124	0,366	Surplus
	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
Jun	1	0,450	0,127	0,323	Surplus
	2	0,450	0,169	0,281	Surplus
	3	0,450	0,262	0,188	Surplus
Jul	1	0,430	0,297	0,133	Surplus
	2	0,430	0,391	0,039	Surplus
	3	0,430	0,543	-0,113	Defisit
Agt	1	0,430	0,635	-0,205	Defisit
	2	0,430	0,558	-0,128	Defisit
	3	0,430	0,483	-0,053	Defisit
Sep	1	0,370	0,564	-0,194	Defisit
	2	0,380	0,590	-0,210	Defisit
	3	0,390	0,609	-0,219	Defisit
Okt	1	0,370	0,586	-0,216	Defisit
	2	0,380	0,517	-0,137	Defisit
	3	0,390	0,355	0,035	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.18 Neraca air PTT alternatif 5 berdasarkan debit andalan 80%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.18 merupakan neraca air PTT Alternatif 5 berdasarkan debit andalan 80% bahwa kebutuhan air irigasi dengan PTT Alternatif 5 untuk awal musim tanam dengan debit andalan 80% yang mewakili debit air rendah di daerah irigasi tersebut. Pada awal masa penyiapan lahan, bulan Desember periode I mengalami defisit kembali sebesar  $-0,074 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Pada sepanjang musim kemarau II, tepatnya dari bulan Juli sampai dengan bulan Oktober mengalami defisit sepanjang periode. Defisit tertinggi terjadi pada bulan September periode III sebesar  $-0,219 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 27,8% (10 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 72,2% (26 kejadian surplus dari total 36 kejadian).

Pola Tata Tanam Alternatif 5 dilakukan perubahan pemilihan jenis tanaman pada Musim Tanam II diharapkan dapat menyeimbangkan neraca air pada musim kemarau. Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal.

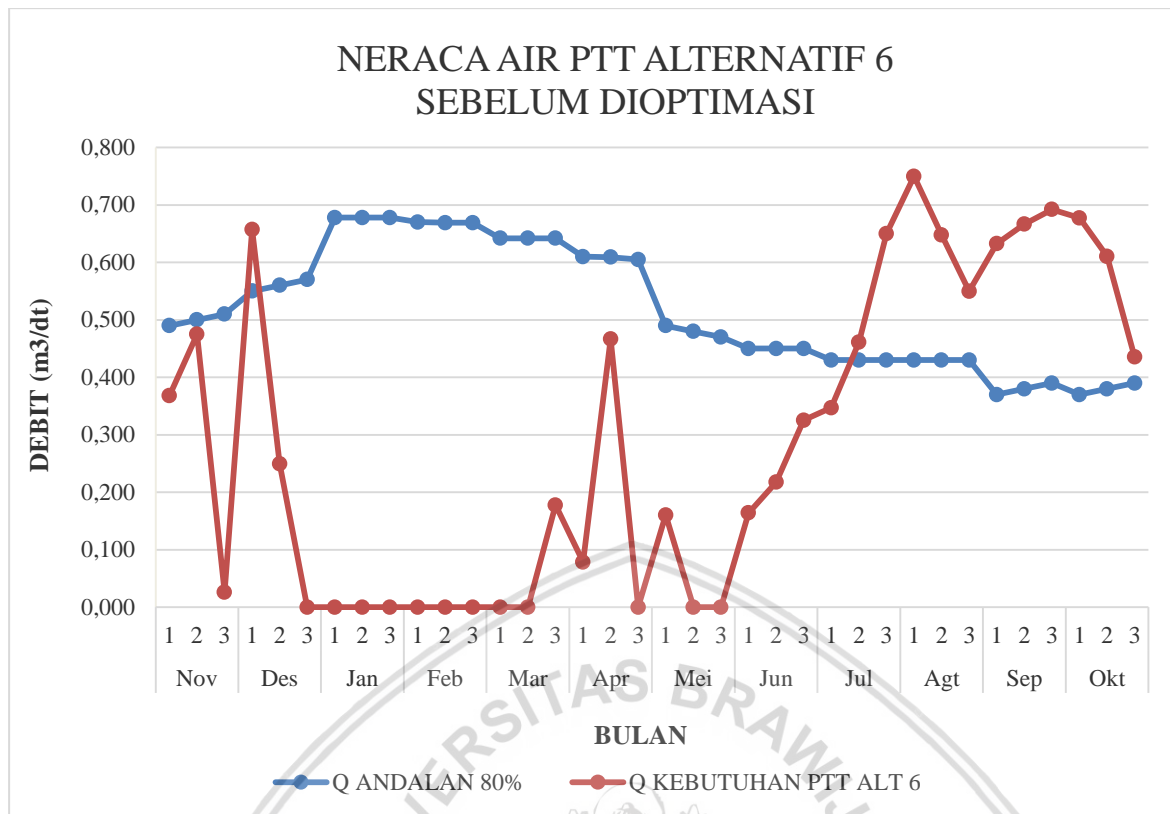
Tabel 4.109

Neraca Air PTT Alternatif 6 Berdasarkan Debit Andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 6	LEBIH (+) KURANG (-)	KONDISI
Nov	1	0,490	0,368	0,122	Surplus
	2	0,500	0,475	0,025	Surplus
	3	0,510	0,026	0,484	Surplus
Des	1	0,550	0,657	-0,107	Defisit
	2	0,560	0,250	0,310	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
Jan	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
Feb	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
Mar	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,178	0,464	Surplus
Apr	1	0,610	0,079	0,531	Surplus
	2	0,609	0,467	0,142	Surplus
	3	0,605	0,000	0,605	Surplus
Mei	1	0,490	0,160	0,330	Surplus
	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
Jun	1	0,450	0,164	0,286	Surplus
	2	0,450	0,218	0,232	Surplus
	3	0,450	0,325	0,125	Surplus
Jul	1	0,430	0,347	0,083	Surplus
	2	0,430	0,461	-0,031	Defisit
	3	0,430	0,650	-0,220	Defisit
Agt	1	0,430	0,750	-0,320	Defisit
	2	0,430	0,648	-0,218	Defisit
	3	0,430	0,550	-0,120	Defisit
Sep	1	0,370	0,633	-0,263	Defisit
	2	0,380	0,666	-0,286	Defisit
	3	0,390	0,692	-0,302	Defisit
Okt	1	0,370	0,677	-0,307	Defisit
	2	0,380	0,610	-0,230	Defisit
	3	0,390	0,435	-0,045	Defisit

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018





Gambar 4.19 Neraca air PTT alternatif 6 berdasarkan debit andalan 80%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.19 merupakan neraca air PTT Alternatif 6 berdasarkan debit andalan 80% bahwa kebutuhan air irigasi dengan PTT Alternatif 6 untuk awal musim tanam dengan debit andalan 80% yang mewakili debit air rendah di daerah irigasi tersebut. Pada awal masa penyiapan lahan, bulan Desember periode I mengalami defisit kembali sebesar  $-0,107 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Pada sepanjang musim kemarau II, tepatnya dari bulan Juli sampai dengan bulan Oktober mengalami defisit sepanjang periode. Defisit tertinggi terjadi pada akhir Musim Kemarau II (bulan Oktober periode I) sebesar  $-0,307 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 33,3% (12 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 66,7% (24 kejadian surplus dari total 36 kejadian).

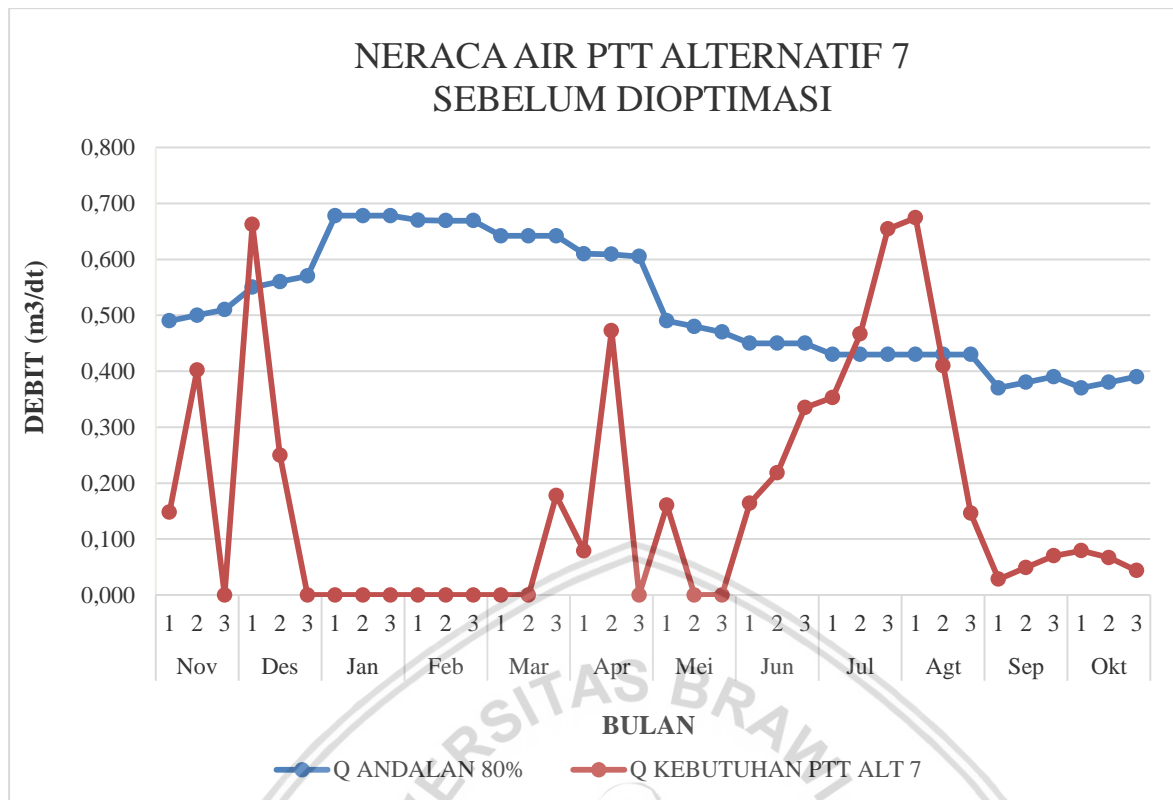
Pola Tata Tanam Alternatif 6 dilakukan perubahan pemilihan jenis tanaman pada Musim Tanam I, II, dan III diharapkan dapat menyeimbangkan neraca air pada musim-musim tanam. Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal.

Tabel 4.110

Neraca Air PTT Alternatif 7 Berdasarkan Debit Andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 7	LEBIH (+) KURANG (-)	KONDISI
Nov	1	0,490	0,148	0,342	Surplus
	2	0,500	0,402	0,098	Surplus
	3	0,510	0,000	0,510	Surplus
Des	1	0,550	0,662	-0,112	Defisit
	2	0,560	0,250	0,310	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
Jan	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
Feb	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
Mar	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,178	0,464	Surplus
Apr	1	0,610	0,079	0,531	Surplus
	2	0,609	0,473	0,136	Surplus
	3	0,605	0,000	0,605	Surplus
Mei	1	0,490	0,160	0,330	Surplus
	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
Jun	1	0,450	0,164	0,286	Surplus
	2	0,450	0,218	0,232	Surplus
	3	0,450	0,335	0,115	Surplus
Jul	1	0,430	0,353	0,077	Surplus
	2	0,430	0,467	-0,037	Defisit
	3	0,430	0,654	-0,224	Defisit
Agt	1	0,430	0,674	-0,244	Defisit
	2	0,430	0,410	0,020	Surplus
	3	0,430	0,146	0,284	Surplus
Sep	1	0,370	0,028	0,342	Surplus
	2	0,380	0,049	0,331	Surplus
	3	0,390	0,070	0,320	Surplus
Okt	1	0,370	0,079	0,291	Surplus
	2	0,380	0,067	0,313	Surplus
	3	0,390	0,044	0,346	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.20 Neraca air PTT alternatif 7 berdasarkan debit andalan 80%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.20 merupakan neraca air PTT Alternatif 7 berdasarkan debit andalan 80% bahwa kebutuhan air irigasi dengan PTT Alternatif 7 untuk awal musim tanam dengan debit andalan 80% yang mewakili debit air normal di daerah irigasi tersebut. Pada awal masa penyiapan lahan, bulan Desember periode I mengalami defisit kembali sebesar  $-0,112 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Pada awal musim kemarau II, tepatnya dari bulan Juli sampai dengan bulan Agustus mengalami defisit sepanjang periode. Defisit neraca air berkurang setelah perencanaan pola tata tanam eksisting diubah pemilihan untuk jenis tanaman pada perencanaan pola tata tanam alternatif berikut. Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 11,1% (4 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 88,9% (32 kejadian defisit dari total 36 kejadian).

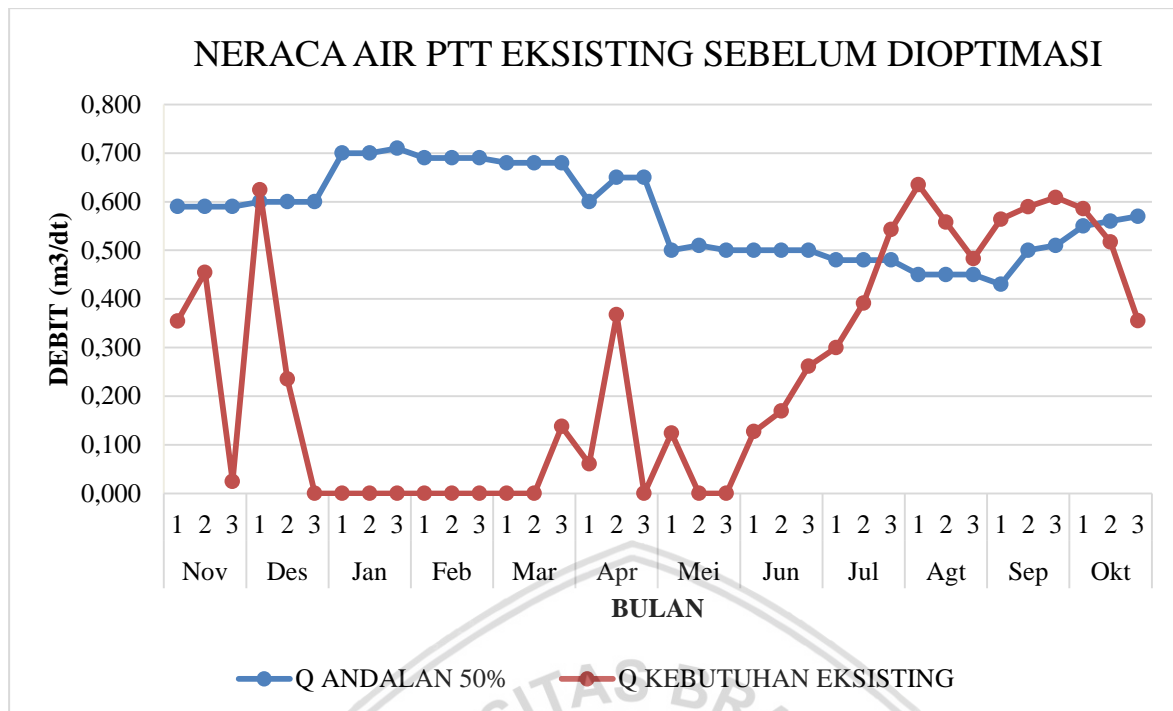
Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal.

Tabel 4.111

Neraca Air PTT Eksisting Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		50% (m <sup>3</sup> /dt)	EKSISTING	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,590	0,355	0,235	Surplus
	2	0,590	0,455	0,135	Surplus
	3	0,590	0,025	0,565	Surplus
Des	1	0,600	0,624	-0,024	Defisit
	2	0,600	0,235	0,365	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
Jan	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
Feb	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
Mar	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,138	0,542	Surplus
Apr	1	0,600	0,061	0,539	Surplus
	2	0,650	0,367	0,283	Surplus
	3	0,650	0,000	0,650	Surplus
Mei	1	0,500	0,124	0,376	Surplus
	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
Jun	1	0,500	0,127	0,373	Surplus
	2	0,500	0,169	0,331	Surplus
	3	0,500	0,262	0,238	Surplus
Jul	1	0,480	0,300	0,180	Surplus
	2	0,480	0,391	0,089	Surplus
	3	0,480	0,543	-0,063	Defisit
Agt	1	0,450	0,635	-0,185	Defisit
	2	0,450	0,558	-0,108	Defisit
	3	0,450	0,483	-0,033	Defisit
Sep	1	0,430	0,564	-0,134	Defisit
	2	0,500	0,590	-0,090	Defisit
	3	0,510	0,609	-0,099	Defisit
Okt	1	0,550	0,586	-0,036	Defisit
	2	0,560	0,517	0,043	Surplus
	3	0,570	0,355	0,215	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.21 Neraca air PTT eksisting berdasarkan debit andalan 50%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.21 merupakan neraca air PTT Eksisting berdasarkan debit andalan 50% bahwa kebutuhan air irigasi dengan PTT Eksisting untuk awal musim tanam dengan debit andalan 50% yang mewakili debit air normal di daerah irigasi tersebut. Pada awal masa penyiapan lahan, bulan Desember periode I mengalami defisit kembali sebesar -0,024 m<sup>3</sup>/dt. Pada sepanjang musim kemarau II, tepatnya dari bulan Juli sampai dengan bulan Oktober mengalami defisit sepanjang periode. Defisit tertinggi terjadi pada bulan Agustus periode I sebesar -0,185 m<sup>3</sup>/dt. Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 25% (9 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 75% (27 kejadian defisit dari total 36 kejadian).

Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal. Perlunya dilakukan pergeseran awal musim tanam yang membutuhkan air lebih besar menyesuaikan akibat pergeseran musim yang terjadi dan antisipasi dalam menanam tanaman tetap memperhatikan pemilihan jenis tanaman yang sesuai dengan persediaan air irigasi.

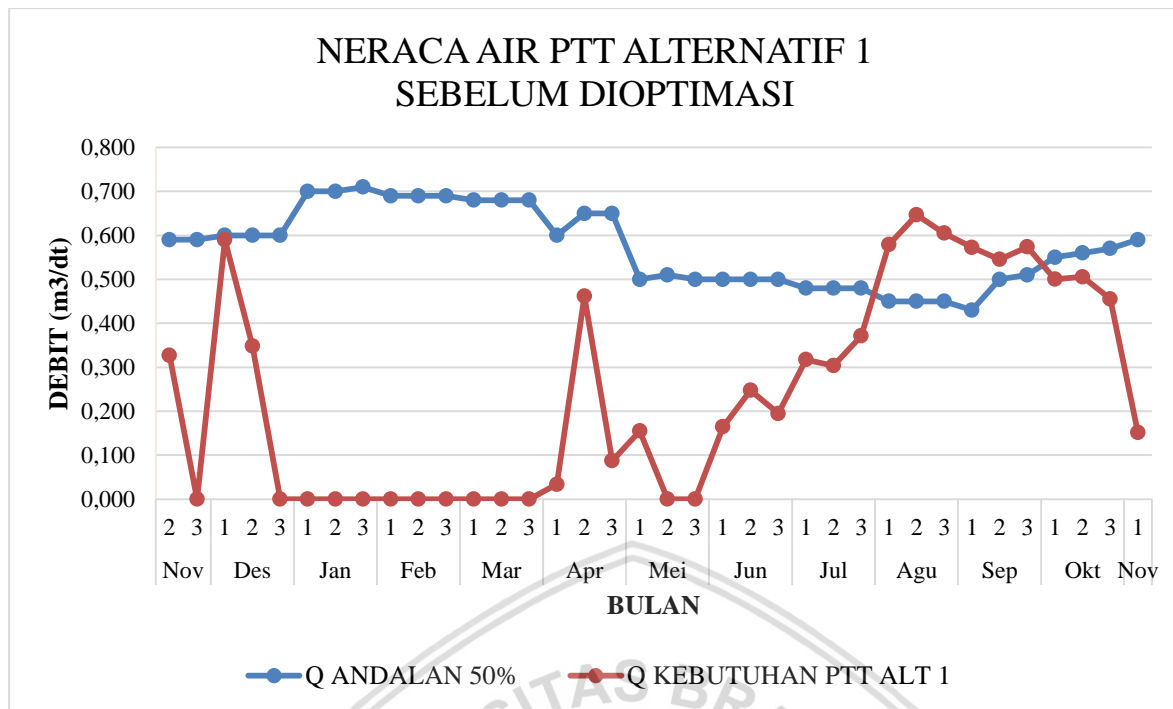
Tabel 4.112

Neraca Air PTT Alternatif 1 Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		50% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 1	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	2	0,590	0,327	0,263	Surplus
	3	0,590	0,000	0,590	Surplus
Des	1	0,600	0,590	0,010	Surplus
	2	0,600	0,348	0,252	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
Jan	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
Feb	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
Mar	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,000	0,680	Surplus
Apr	1	0,600	0,034	0,566	Surplus
	2	0,650	0,462	0,188	Surplus
	3	0,650	0,088	0,562	Surplus
Mei	1	0,500	0,155	0,345	Surplus
	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
Jun	1	0,500	0,165	0,335	Surplus
	2	0,500	0,248	0,252	Surplus
	3	0,500	0,195	0,305	Surplus
Jul	1	0,480	0,317	0,163	Surplus
	2	0,480	0,304	0,176	Surplus
	3	0,480	0,371	0,109	Surplus
Agu	1	0,450	0,579	-0,129	Defisit
	2	0,450	0,647	-0,197	Defisit
	3	0,450	0,605	-0,155	Defisit
Sep	1	0,430	0,573	-0,143	Defisit
	2	0,500	0,545	-0,045	Defisit
	3	0,510	0,574	-0,064	Defisit
Okt	1	0,550	0,500	0,050	Surplus
	2	0,560	0,506	0,054	Surplus
	3	0,570	0,456	0,114	Surplus
Nov	1	0,590	0,152	0,438	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018





Gambar 4.22 Neraca air PTT alternatif 1 berdasarkan debit andalan 50%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.22 merupakan neraca air PTT Alternatif 1 untuk awal musim tanam dengan debit andalan 50% yang mewakili debit air normal di daerah irigasi tersebut telah mencukupi bahkan cenderung berlebih  $0,263 \text{ m}^3/\text{dt}$  untuk bulan November periode II,  $0,590 \text{ m}^3/\text{dt}$  untuk bulan November periode III, dan  $0,010 \text{ m}^3/\text{dt}$  untuk bulan Desember periode I. Pada musim hujan debit andalan 50% sangat surplus sedangkan untuk musim kemarau sangat defisit. Pada musim kemarau II, tepatnya dari bulan Agustus sampai dengan bulan September mengalami defisit sepanjang periode. Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 13,9% (5 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 86,1% (31 kejadian defisit dari total 36 kejadian).

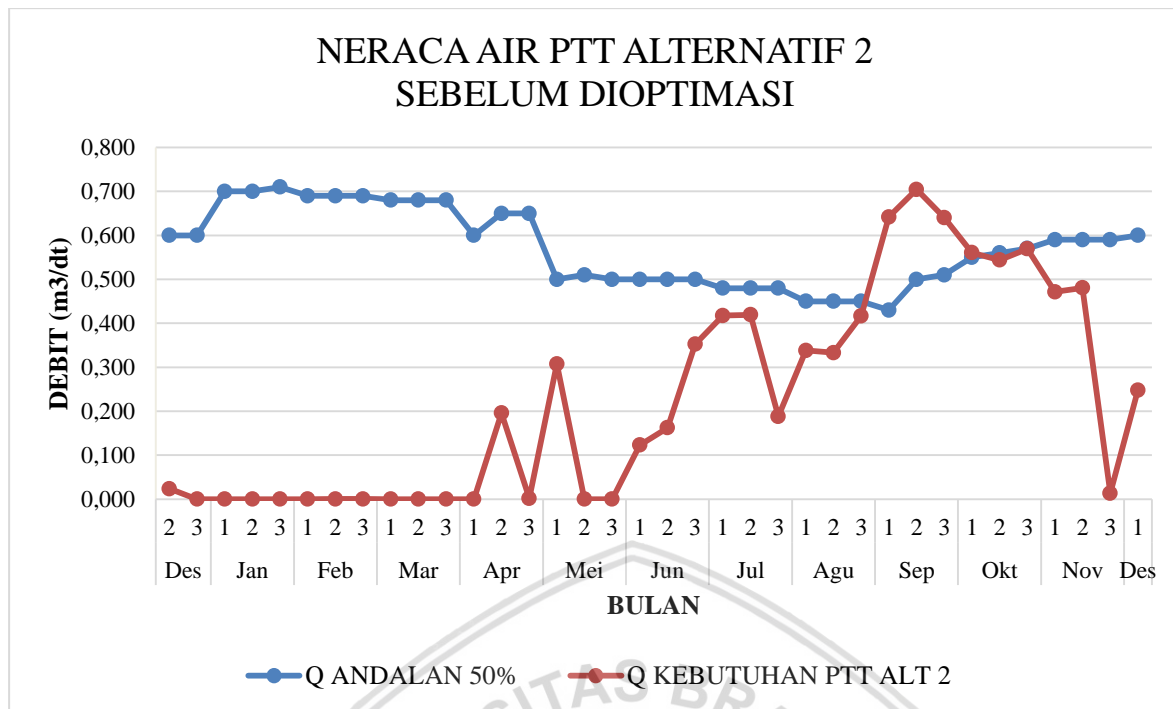
Pola Tata Tanam Alternatif 1 dilakukan pergeseran awal musim tanam dari rencana pola tata tanam eksisting, pergeseran awal masa penyiapan lahan dari bulan November periode I ke bulan November periode II. Berdasarkan debit andalan 50% bahwa kebutuhan air irigasi dengan PTT Alternatif 1 untuk pergeseran awal musim tanam tersebut solusi yang dapat dikatakan berhasil menyesuaikan pergeseran musim dikarenakan hasil analisis neraca air PTT Alternatif 1 untuk awal musim tanam mengalami surplus. Sedangkan kondisi musim kemarau yang tetap defisit, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal.

Tabel 4.113

Neraca Air PTT Alternatif 2 Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		50% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 2	LEBIH (+) KURANG (-)	
Des	2	0,600	0,024	0,576	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
Jan	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
Feb	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
Mar	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,000	0,680	Surplus
	1	0,600	0,000	0,600	Surplus
Apr	2	0,650	0,196	0,454	Surplus
	3	0,650	0,002	0,648	Surplus
	1	0,500	0,308	0,192	Surplus
Mei	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
	1	0,500	0,123	0,377	Surplus
Jun	2	0,500	0,163	0,337	Surplus
	3	0,500	0,352	0,148	Surplus
	1	0,480	0,418	0,062	Surplus
Jul	2	0,480	0,420	0,060	Surplus
	3	0,480	0,188	0,292	Surplus
	1	0,450	0,338	0,112	Surplus
Agu	2	0,450	0,333	0,117	Surplus
	3	0,450	0,417	0,033	Surplus
	1	0,430	0,642	-0,212	Defisit
Sep	2	0,500	0,704	-0,204	Defisit
	3	0,510	0,640	-0,130	Defisit
	1	0,550	0,560	-0,010	Defisit
Okt	2	0,560	0,544	0,016	Surplus
	3	0,570	0,569	0,001	Surplus
	1	0,590	0,471	0,119	Surplus
Nov	2	0,590	0,480	0,110	Surplus
	3	0,590	0,014	0,576	Surplus
	1	0,600	0,248	0,352	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.23 Neraca air PTT alternatif 2 berdasarkan debit andalan 50%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.23 merupakan neraca air PTT Alternatif 2 untuk awal musim tanam dengan debit andalan 50% yang mewakili debit air normal di daerah irigasi tersebut telah mencukupi bahkan cenderung berlebih 0,576 m<sup>3</sup>/dt untuk bulan Desember periode II, 0,600 m<sup>3</sup>/dt untuk bulan Desember periode III, dan 0,700 m<sup>3</sup>/dt untuk bulan Januari periode I. Pada musim hujan debit andalan 50% sangat surplus sedangkan untuk musim kemarau sangat defisit. Pada musim kemarau II, tepatnya dari bulan September sampai dengan bulan Oktober mengalami defisit sepanjang periode. Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 11,1% (4 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 88,9% (32 kejadian defisit dari total 36 kejadian).

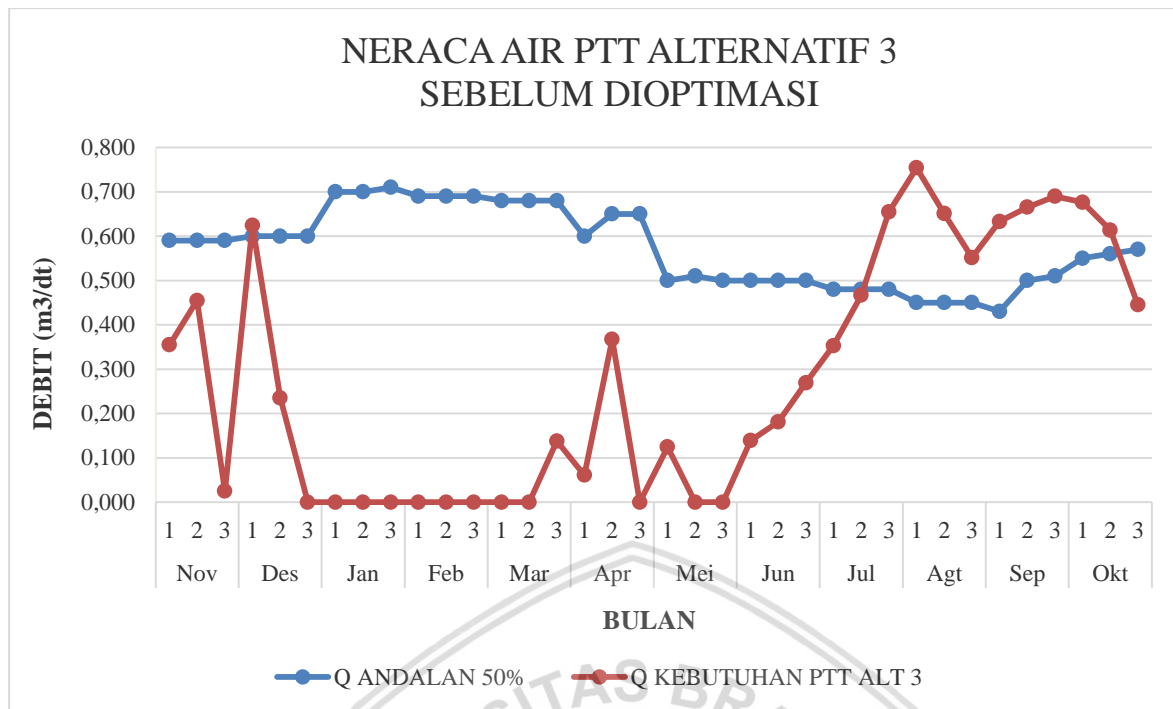
Pola Tata Tanam Alternatif 2 dilakukan pergeseran awal musim tanam dari bulan November periode I ke bulan Desember periode II. Berdasarkan debit andalan 50% bahwa kebutuhan air irigasi dengan PTT Alternatif 1 untuk pergeseran awal musim tanam tersebut solusi yang dapat dikatakan berhasil menyesuaikan pergeseran musim dikarenakan hasil analisis neraca air PTT Alternatif 2 untuk awal musim tanam mengalami surplus. Sedangkan kondisi musim kemarau yang tetap defisit, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal.

Tabel 4.114

Neraca Air PTT Alternatif 3 Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		
		50% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 3	LEBIH (+) KURANG (-)	KONDISI
Nov	1	0,590	0,355	0,235	Surplus
	2	0,590	0,455	0,135	Surplus
	3	0,590	0,025	0,565	Surplus
Des	1	0,600	0,624	-0,024	Defisit
	2	0,600	0,235	0,365	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
Jan	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
Feb	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
Mar	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,138	0,542	Surplus
Apr	1	0,600	0,061	0,539	Surplus
	2	0,650	0,367	0,283	Surplus
	3	0,650	0,000	0,650	Surplus
Mei	1	0,500	0,124	0,376	Surplus
	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
Jun	1	0,500	0,139	0,361	Surplus
	2	0,500	0,181	0,319	Surplus
	3	0,500	0,269	0,231	Surplus
Jul	1	0,480	0,353	0,127	Surplus
	2	0,480	0,467	0,013	Surplus
	3	0,480	0,654	-0,174	Defisit
Agt	1	0,450	0,754	-0,304	Defisit
	2	0,450	0,651	-0,201	Defisit
	3	0,450	0,552	-0,102	Defisit
Sep	1	0,430	0,633	-0,203	Defisit
	2	0,500	0,665	-0,165	Defisit
	3	0,510	0,690	-0,180	Defisit
Okt	1	0,550	0,676	-0,126	Defisit
	2	0,560	0,614	-0,054	Defisit
	3	0,570	0,445	0,125	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.24 Neraca air PTT alternatif 3 berdasarkan debit andalan 50%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.24 merupakan neraca air PTT Alternatif 3 berdasarkan debit andalan 50% bahwa kebutuhan air irigasi dengan PTT Alternatif 3 untuk awal musim tanam dengan debit andalan 50% yang mewakili debit air normal di daerah irigasi tersebut. Pada awal masa penyiapan lahan, bulan Desember periode I mengalami defisit kembali sebesar  $-0,024 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Pada sepanjang musim kemarau II, tepatnya dari bulan Juli sampai dengan bulan Oktober mengalami defisit sepanjang periode. Defisit tertinggi terjadi pada bulan Agustus periode I sebesar  $-0,304 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 27,8% (10 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 72,2% (26 kejadian defisit dari total 36 kejadian).

Pola Tata Tanam Alternatif 3 dilakukan perubahan pemilihan jenis tanaman pada Musim Kemarau II (Musim Tanam III) diharapkan dapat menyeimbangkan neraca air pada puncak kebutuhan air di musim kemarau. Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal.

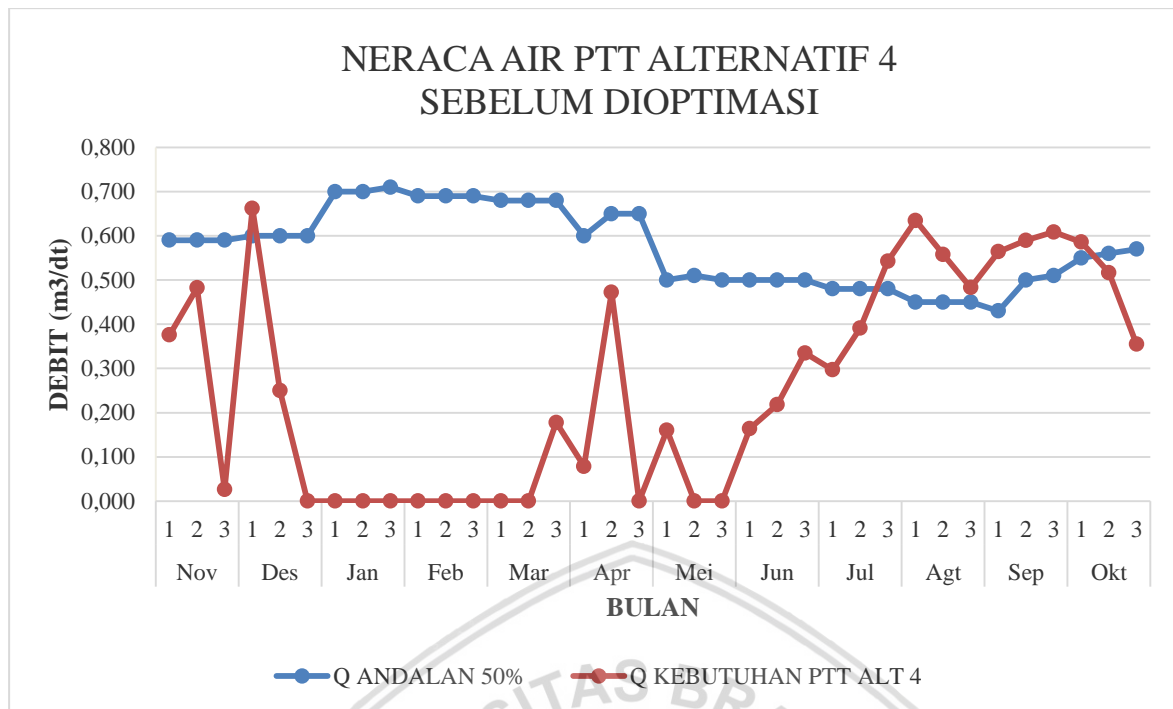
Tabel 4.115

Neraca Air PTT Alternatif 4 Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		
		50% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 4	LEBIH (+) KURANG (-)	KONDISI
Nov	1	0,590	0,376	0,214	Surplus
	2	0,590	0,482	0,108	Surplus
	3	0,590	0,026	0,564	Surplus
Des	1	0,600	0,662	-0,062	Defisit
	2	0,600	0,250	0,350	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
Jan	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
Feb	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
Mar	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,178	0,502	Surplus
Apr	1	0,600	0,079	0,521	Surplus
	2	0,650	0,473	0,177	Surplus
	3	0,650	0,000	0,650	Surplus
Mei	1	0,500	0,160	0,340	Surplus
	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
Jun	1	0,500	0,164	0,336	Surplus
	2	0,500	0,218	0,282	Surplus
	3	0,500	0,335	0,165	Surplus
Jul	1	0,480	0,297	0,183	Surplus
	2	0,480	0,391	0,089	Surplus
	3	0,480	0,543	-0,063	Defisit
Agt	1	0,450	0,635	-0,185	Defisit
	2	0,450	0,558	-0,108	Defisit
	3	0,450	0,483	-0,033	Defisit
Sep	1	0,430	0,564	-0,134	Defisit
	2	0,500	0,590	-0,090	Defisit
	3	0,510	0,609	-0,099	Defisit
Okt	1	0,550	0,586	-0,036	Defisit
	2	0,560	0,517	0,043	Surplus
	3	0,570	0,355	0,215	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018





Gambar 4.25 Neraca air PTT alternatif 4 berdasarkan debit andalan 50%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.25 merupakan neraca air PTT Alternatif 4 berdasarkan debit andalan 50% bahwa kebutuhan air irigasi dengan PTT Alternatif 4 untuk awal musim tanam dengan debit andalan 50% yang mewakili debit air normal di daerah irigasi tersebut. Pada awal masa penyiapan lahan, bulan Desember periode I mengalami defisit kembali sebesar  $-0,062 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Pada sepanjang musim kemarau II, tepatnya dari bulan Juli sampai dengan bulan September mengalami defisit sepanjang periode. Defisit tertinggi terjadi pada bulan Agustus periode I sebesar  $-0,185 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 25% (9 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 75% (27 kejadian defisit dari total 36 kejadian).

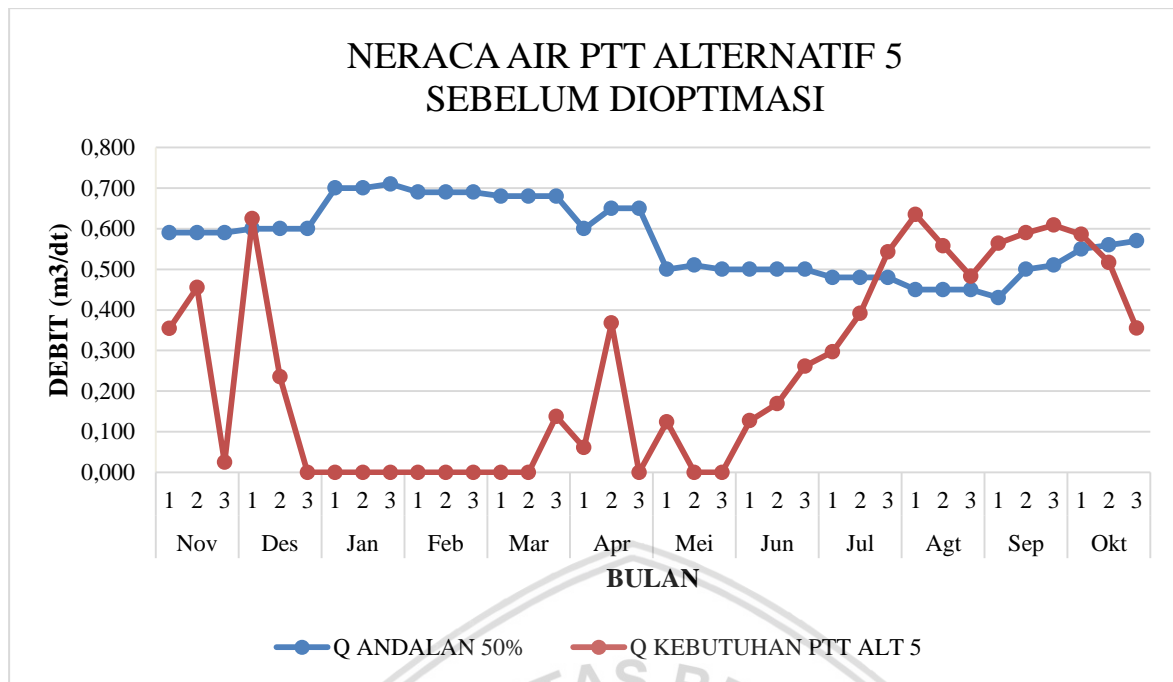
Pola Tata Tanam Alternatif 4 dilakukan perubahan pemilihan jenis tanaman pada Musim Tanam I dan II diharapkan dapat menyeimbangkan neraca air pada puncak kebutuhan air di musim kemarau. Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal.

Tabel 4.116

Neraca Air PTT Alternatif 5 Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		50% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 5	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,590	0,355	0,235	Surplus
	2	0,590	0,455	0,135	Surplus
	3	0,590	0,025	0,565	Surplus
Des	1	0,600	0,624	-0,024	Defisit
	2	0,600	0,235	0,365	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
Jan	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
Feb	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
Mar	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,138	0,542	Surplus
Apr	1	0,600	0,061	0,539	Surplus
	2	0,650	0,367	0,283	Surplus
	3	0,650	0,000	0,650	Surplus
Mei	1	0,500	0,124	0,376	Surplus
	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
Jun	1	0,500	0,127	0,373	Surplus
	2	0,500	0,169	0,331	Surplus
	3	0,500	0,262	0,238	Surplus
Jul	1	0,480	0,297	0,183	Surplus
	2	0,480	0,391	0,089	Surplus
	3	0,480	0,543	-0,063	Defisit
Agt	1	0,450	0,635	-0,185	Defisit
	2	0,450	0,558	-0,108	Defisit
	3	0,450	0,483	-0,033	Defisit
Sep	1	0,430	0,564	-0,134	Defisit
	2	0,500	0,590	-0,090	Defisit
	3	0,510	0,609	-0,099	Defisit
Okt	1	0,550	0,586	-0,036	Defisit
	2	0,560	0,517	0,043	Surplus
	3	0,570	0,355	0,215	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.26 Neraca air PTT alternatif 5 berdasarkan debit andalan 50%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.26 merupakan neraca air PTT Alternatif 5 berdasarkan debit andalan 50% bahwa kebutuhan air irigasi dengan PTT Alternatif 5 untuk awal musim tanam dengan debit andalan 50% yang mewakili debit air normal di daerah irigasi tersebut. Pada awal masa penyiapan lahan, bulan Desember periode I mengalami defisit kembali sebesar  $-0,024 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Pada sepanjang musim kemarau II, tepatnya dari bulan Juli sampai dengan bulan Oktober mengalami defisit sepanjang periode. Defisit tertinggi terjadi pada bulan Agustus periode I sebesar  $-0,185 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 25% (9 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 75% (27 kejadian defisit dari total 36 kejadian).

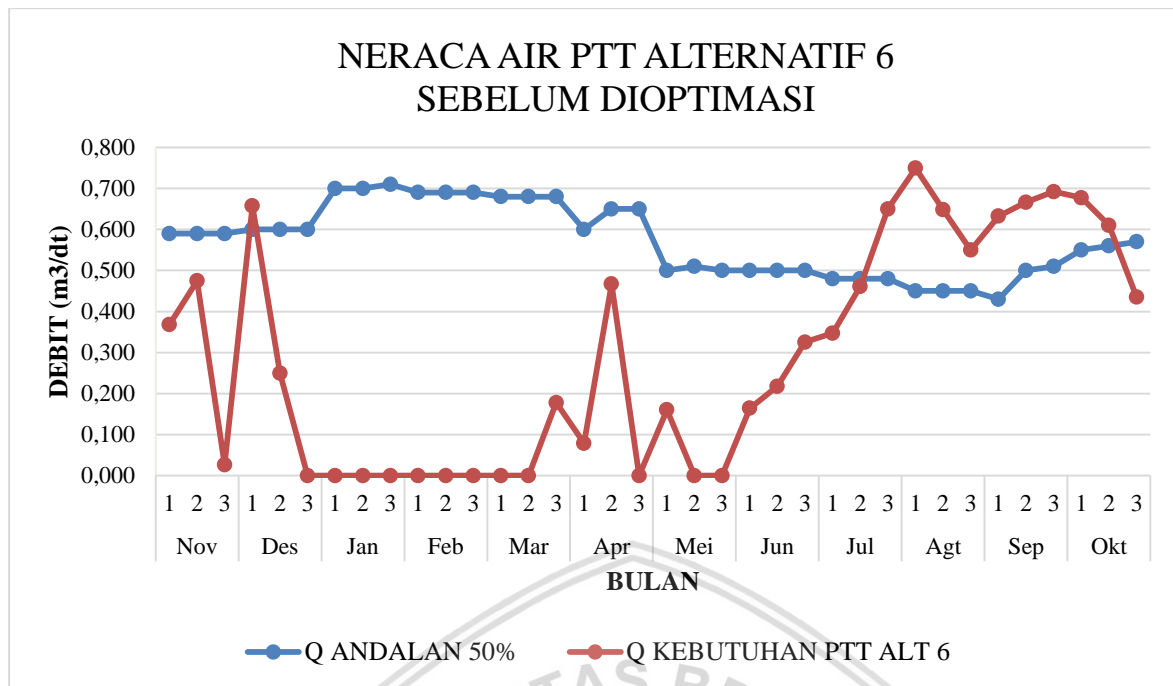
Pola Tata Tanam Alternatif 5 dilakukan perubahan pemilihan jenis tanaman pada Musim Tanam II diharapkan dapat menyeimbangkan neraca air pada puncak kebutuhan air di musim kemarau. Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal.

Tabel 4.117

Neraca Air PTT Alternatif 6 Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		50% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 6	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,590	0,368	0,222	Surplus
	2	0,590	0,475	0,115	Surplus
	3	0,590	0,026	0,564	Surplus
Des	1	0,600	0,657	-0,057	Defisit
	2	0,600	0,250	0,350	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
Jan	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
Feb	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
Mar	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,178	0,502	Surplus
Apr	1	0,600	0,079	0,521	Surplus
	2	0,650	0,467	0,183	Surplus
	3	0,650	0,000	0,650	Surplus
Mei	1	0,500	0,160	0,340	Surplus
	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
Jun	1	0,500	0,164	0,336	Surplus
	2	0,500	0,218	0,282	Surplus
	3	0,500	0,325	0,175	Surplus
Jul	1	0,480	0,347	0,133	Surplus
	2	0,480	0,461	0,019	Surplus
	3	0,480	0,650	-0,170	Defisit
Agt	1	0,450	0,750	-0,300	Defisit
	2	0,450	0,648	-0,198	Defisit
	3	0,450	0,550	-0,100	Defisit
Sep	1	0,430	0,633	-0,203	Defisit
	2	0,500	0,666	-0,166	Defisit
	3	0,510	0,692	-0,182	Defisit
Okt	1	0,550	0,677	-0,127	Defisit
	2	0,560	0,610	-0,050	Defisit
	3	0,570	0,435	0,135	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.27 Neraca air PTT alternatif 6 berdasarkan debit andalan 50%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.27 merupakan neraca air PTT Alternatif 6 berdasarkan debit andalan 50% bahwa kebutuhan air irigasi dengan PTT Alternatif 6 untuk awal musim tanam dengan debit andalan 50% yang mewakili debit air normal di daerah irigasi tersebut. Pada awal masa penyiapan lahan, bulan Desember periode I mengalami defisit kembali sebesar  $-0,057 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Pada sepanjang musim kemarau II, tepatnya dari bulan Juli sampai dengan bulan Oktober mengalami defisit sepanjang periode. Defisit tertinggi terjadi pada bulan Agustus periode I sebesar  $-0,300 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 27,8% (10 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 72,2% (26 kejadian defisit dari total 36 kejadian).

Pola Tata Tanam Alternatif 6 dilakukan perubahan pemilihan jenis tanaman pada Musim Tanam II diharapkan dapat menyeimbangkan neraca air pada puncak kebutuhan air di musim kemarau. Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal.

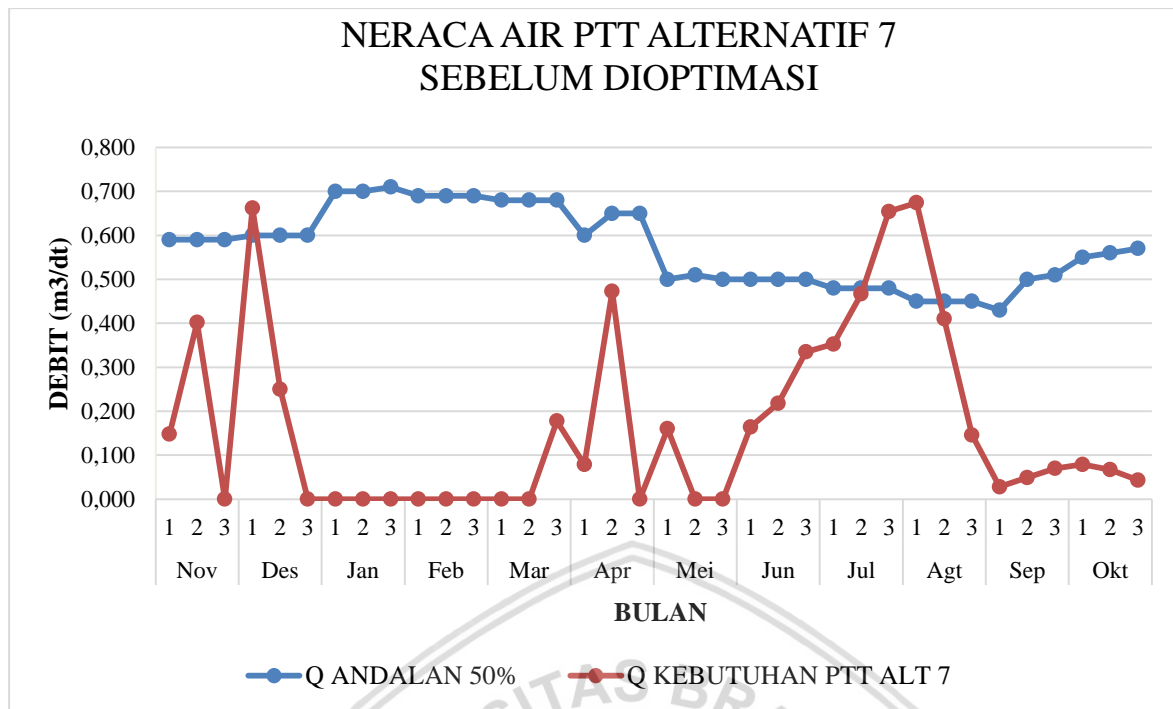
Tabel 4.118

Neraca air PTT Alternatif 7 Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		
		50% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 7	LEBIH (+) KURANG (-)	KONDISI
Nov	1	0,590	0,148	0,442	Surplus
	2	0,590	0,402	0,188	Surplus
	3	0,590	0,000	0,590	Surplus
Des	1	0,600	0,662	-0,062	Defisit
	2	0,600	0,250	0,350	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
Jan	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
Feb	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
Mar	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,178	0,502	Surplus
Apr	1	0,600	0,079	0,521	Surplus
	2	0,650	0,473	0,177	Surplus
	3	0,650	0,000	0,650	Surplus
Mei	1	0,500	0,160	0,340	Surplus
	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
Jun	1	0,500	0,164	0,336	Surplus
	2	0,500	0,218	0,282	Surplus
	3	0,500	0,335	0,165	Surplus
Jul	1	0,480	0,353	0,127	Surplus
	2	0,480	0,467	0,013	Surplus
	3	0,480	0,654	-0,174	Defisit
Agt	1	0,450	0,674	-0,224	Defisit
	2	0,450	0,410	0,040	Surplus
	3	0,450	0,146	0,304	Surplus
Sep	1	0,430	0,028	0,402	Surplus
	2	0,500	0,049	0,451	Surplus
	3	0,510	0,070	0,440	Surplus
Okt	1	0,550	0,079	0,471	Surplus
	2	0,560	0,067	0,493	Surplus
	3	0,570	0,044	0,526	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018





Gambar 4.28 Neraca air PTT alternatif 7 berdasarkan debit andalan 50%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari analisis pada Gambar 4.28 merupakan neraca air PTT Alternatif 7 berdasarkan debit andalan 50% bahwa kebutuhan air irigasi dengan PTT Alternatif 7 untuk awal musim tanam dengan debit andalan 50% yang mewakili debit air normal di daerah irigasi tersebut. Pada awal masa penyiapan lahan, bulan Desember periode I mengalami defisit kembali sebesar  $-0,062 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Pada awal Musim Kemarau II, tepatnya dari bulan Juli sampai dengan bulan Agustus mengalami defisit dua periode. Defisit tertinggi terjadi pada bulan Agustus periode I sebesar  $-0,224 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Rentang defisit tersebut cenderung berkurang daripada defisit pola tata tanam eksisting karena perubahan pemilihan jenis tanaman pada musim-musim tanam. Kondisi defisit pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 8,3% (3 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus pada Daerah Irigasi Tanggul sebesar 91,7% (33 kejadian surplus dari total 36 kejadian). Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu dilakukannya optimasi pemanfaatan air agar ketersediaan air yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sehingga didapatkan hasil keuntungan produksi pertanian yang maksimal.

#### 4.16. Perhitungan Neraca Air Setelah Optimasi

Neraca air merupakan perbandingan antara debit ketersediaan air irigasi dengan debit kebutuhan irigasi. Setelah mengetahui luas lahan optimal pada masing-masing tanaman untuk setiap musim tanam, dalam neraca air ini akan dianalisis hasil setelah dilakukan

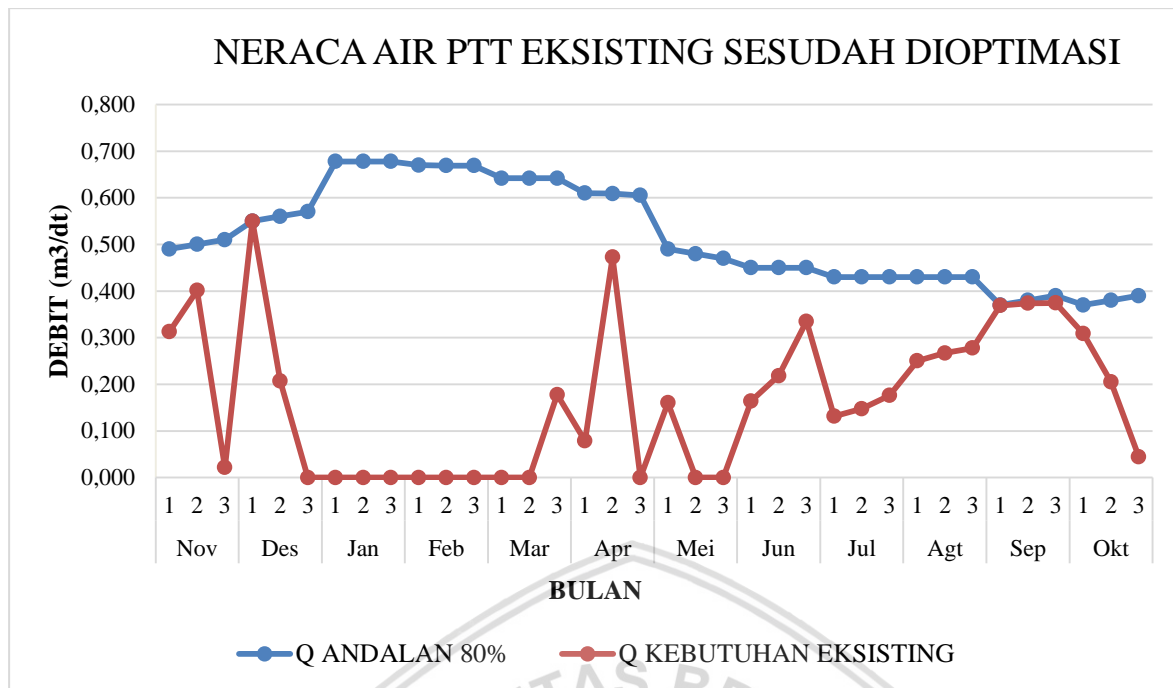
optimasi pada tiap pola tata tanam yaitu pola tata tanam eksisting serta tujuh pola tata tanam alternatif. Untuk lebih lengkapnya, Hasil perhitungan neraca air dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut ini.

Tabel 4.119

Neraca Air PTT Eksisting Berdasarkan Debit Andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	EKSISTING	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,490	0,313	0,177	Surplus
	2	0,500	0,401	0,099	Surplus
	3	0,510	0,022	0,488	Surplus
Des	1	0,550	0,550	0,000	Surplus
	2	0,560	0,207	0,353	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
Jan	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
Feb	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
Mar	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,178	0,464	Surplus
Apr	1	0,610	0,079	0,531	Surplus
	2	0,609	0,473	0,136	Surplus
	3	0,605	0,000	0,605	Surplus
Mei	1	0,490	0,160	0,330	Surplus
	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
Jun	1	0,450	0,164	0,286	Surplus
	2	0,450	0,218	0,232	Surplus
	3	0,450	0,335	0,115	Surplus
Jul	1	0,430	0,132	0,298	Surplus
	2	0,430	0,148	0,282	Surplus
	3	0,430	0,176	0,254	Surplus
Agt	1	0,430	0,250	0,180	Surplus
	2	0,430	0,267	0,163	Surplus
	3	0,430	0,278	0,152	Surplus
Sep	1	0,370	0,369	0,001	Surplus
	2	0,380	0,374	0,006	Surplus
	3	0,390	0,374	0,016	Surplus
Okt	1	0,370	0,309	0,061	Surplus
	2	0,380	0,205	0,175	Surplus
	3	0,390	0,045	0,345	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.29 Neraca air PTT eksisting berdasarkan debit andalan 80%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh pengaturan luasan lahan tiap tanaman yang tepat sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada.

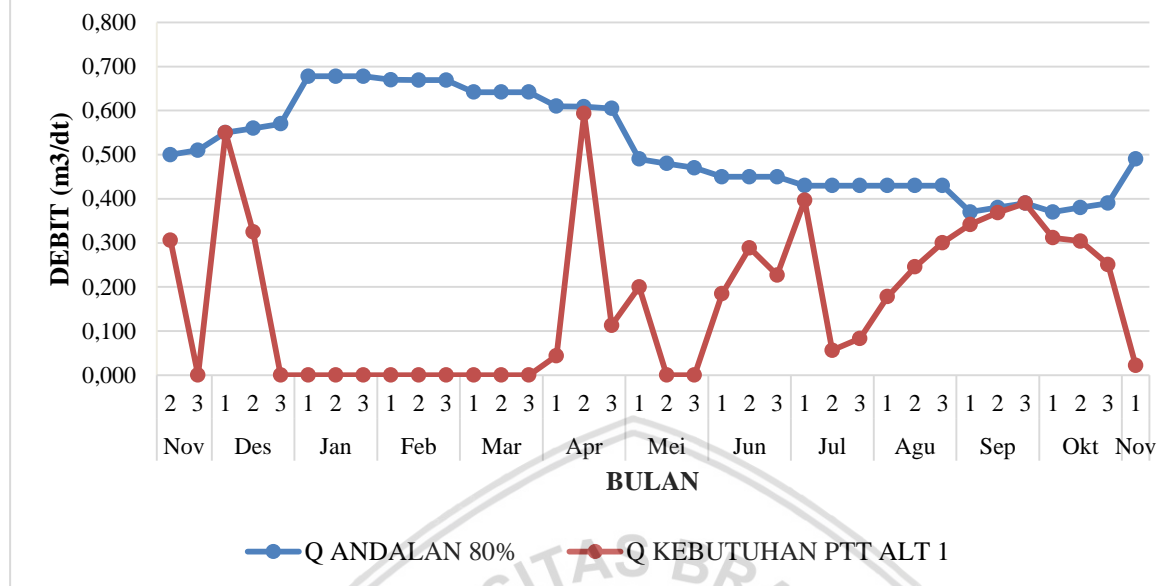
Tabel 4.120

Neraca Air PTT Alternatif 1 Berdasarkan Debit Andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 1	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	2	0,500	0,306	0,194	Surplus
	3	0,510	0,000	0,510	Surplus
	1	0,550	0,550	0,000	Surplus
Des	2	0,560	0,325	0,235	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
Jan	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
Feb	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
Mar	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,000	0,642	Surplus
	1	0,610	0,044	0,566	Surplus
Apr	2	0,609	0,593	0,016	Surplus
	3	0,605	0,113	0,492	Surplus
	1	0,490	0,200	0,290	Surplus
Mei	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
	1	0,450	0,184	0,266	Surplus
Jun	2	0,450	0,289	0,161	Surplus
	3	0,450	0,227	0,223	Surplus
	1	0,430	0,396	0,034	Surplus
Jul	2	0,430	0,056	0,374	Surplus
	3	0,430	0,083	0,347	Surplus
	1	0,430	0,178	0,252	Surplus
Agu	2	0,430	0,246	0,184	Surplus
	3	0,430	0,300	0,130	Surplus
	1	0,370	0,342	0,028	Surplus
Sep	2	0,380	0,369	0,011	Surplus
	3	0,390	0,390	0,000	Surplus
	1	0,370	0,311	0,059	Surplus
Okt	2	0,380	0,304	0,076	Surplus
	3	0,390	0,251	0,139	Surplus
	1	0,490	0,022	0,468	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

### NERACA AIR PTT ALTERNATIF 1 SESUDAH DIOPTIMASI



Gambar 4.30 Neraca air PTT alternatif 1 berdasarkan debit andalan 80%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh perubahan jadwal tanam, awal masa penyiapan lahan yang berkebutuhan air lebih besar diubah dari bulan November periode I ke bulan November periode II. Selain itu, pengaturan luasan lahan tiap tanaman yang tepat sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada.

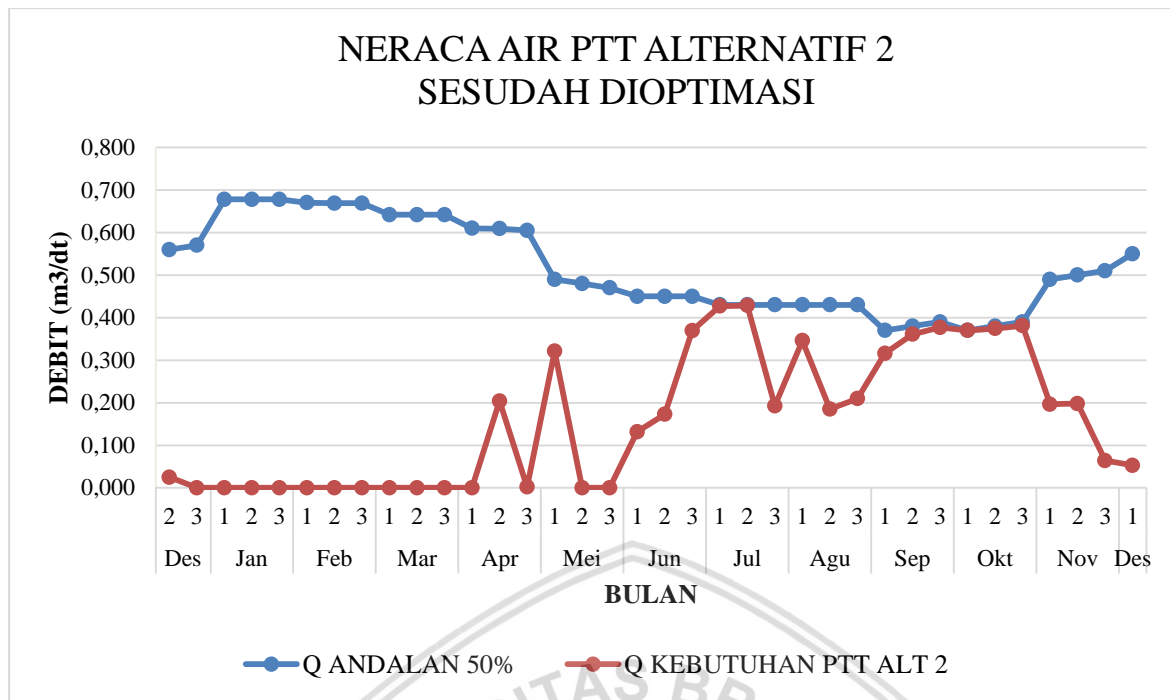
Tabel 4.121

Neraca Air PTT Alternatif 2 Berdasarkan Debit Andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 2	LEBIH (+) KURANG (-)	
Des	2	0,560	0,025	0,535	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
Jan	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
Feb	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
Mar	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,000	0,642	Surplus
	1	0,610	0,000	0,610	Surplus
Apr	2	0,609	0,204	0,405	Surplus
	3	0,605	0,002	0,603	Surplus
	1	0,490	0,321	0,169	Surplus
Mei	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
	1	0,450	0,132	0,318	Surplus
Jun	2	0,450	0,173	0,277	Surplus
	3	0,450	0,369	0,081	Surplus
	1	0,430	0,427	0,003	Surplus
Jul	2	0,430	0,429	0,001	Surplus
	3	0,430	0,193	0,237	Surplus
	1	0,430	0,346	0,084	Surplus
Agu	2	0,430	0,185	0,245	Surplus
	3	0,430	0,210	0,220	Surplus
	1	0,370	0,316	0,054	Surplus
Sep	2	0,380	0,361	0,019	Surplus
	3	0,390	0,377	0,013	Surplus
	1	0,370	0,370	0,000	Surplus
Okt	2	0,380	0,374	0,006	Surplus
	3	0,390	0,381	0,009	Surplus
	1	0,490	0,197	0,293	Surplus
Nov	2	0,500	0,198	0,302	Surplus
	3	0,510	0,064	0,446	Surplus
	1	0,550	0,053	0,497	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018





*Gambar 4.31* Neraca air PTT alternatif 2 berdasarkan debit andalan 80%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

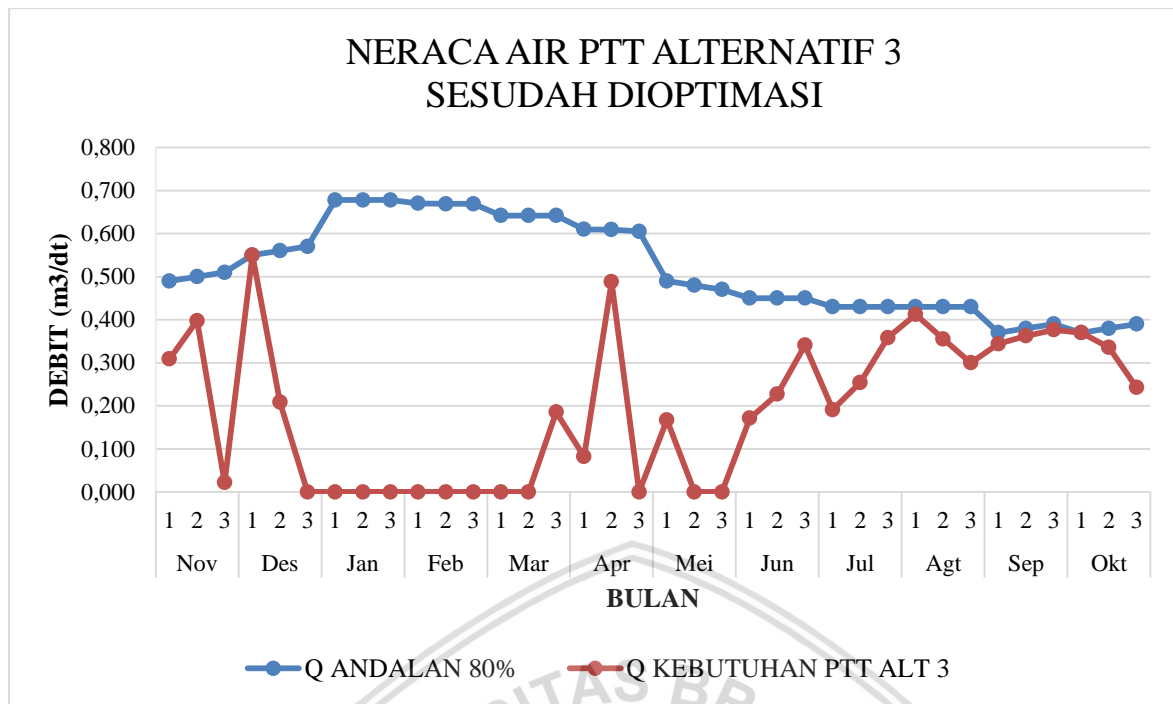
Pada gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh perubahan jadwal tanam, awal masa penyiapan lahan yang berkebutuhan air lebih besar diubah dari bulan November periode I ke bulan Desember periode II. Selain itu, pengaturan luasan lahan tiap tanaman yang tepat sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada.

Tabel 4.122

Neraca Air PTT Alternatif 3 Berdasarkan Debit Andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 3	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,490	0,309	0,181	Surplus
	2	0,500	0,398	0,102	Surplus
	3	0,510	0,022	0,488	Surplus
Des	1	0,550	0,550	0,000	Surplus
	2	0,560	0,209	0,351	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
Jan	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
Feb	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
Mar	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,186	0,456	Surplus
Apr	1	0,610	0,082	0,528	Surplus
	2	0,609	0,488	0,121	Surplus
	3	0,605	0,000	0,605	Surplus
Mei	1	0,490	0,167	0,323	Surplus
	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
Jun	1	0,450	0,171	0,279	Surplus
	2	0,450	0,227	0,223	Surplus
	3	0,450	0,341	0,109	Surplus
Jul	1	0,430	0,191	0,239	Surplus
	2	0,430	0,254	0,176	Surplus
	3	0,430	0,358	0,072	Surplus
Agt	1	0,430	0,412	0,018	Surplus
	2	0,430	0,355	0,075	Surplus
	3	0,430	0,300	0,130	Surplus
Sep	1	0,370	0,344	0,026	Surplus
	2	0,380	0,363	0,017	Surplus
	3	0,390	0,377	0,013	Surplus
Okt	1	0,370	0,370	0,000	Surplus
	2	0,380	0,336	0,044	Surplus
	3	0,390	0,243	0,147	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.32 Neraca air PTT alternatif 3 berdasarkan debit andalan 80%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

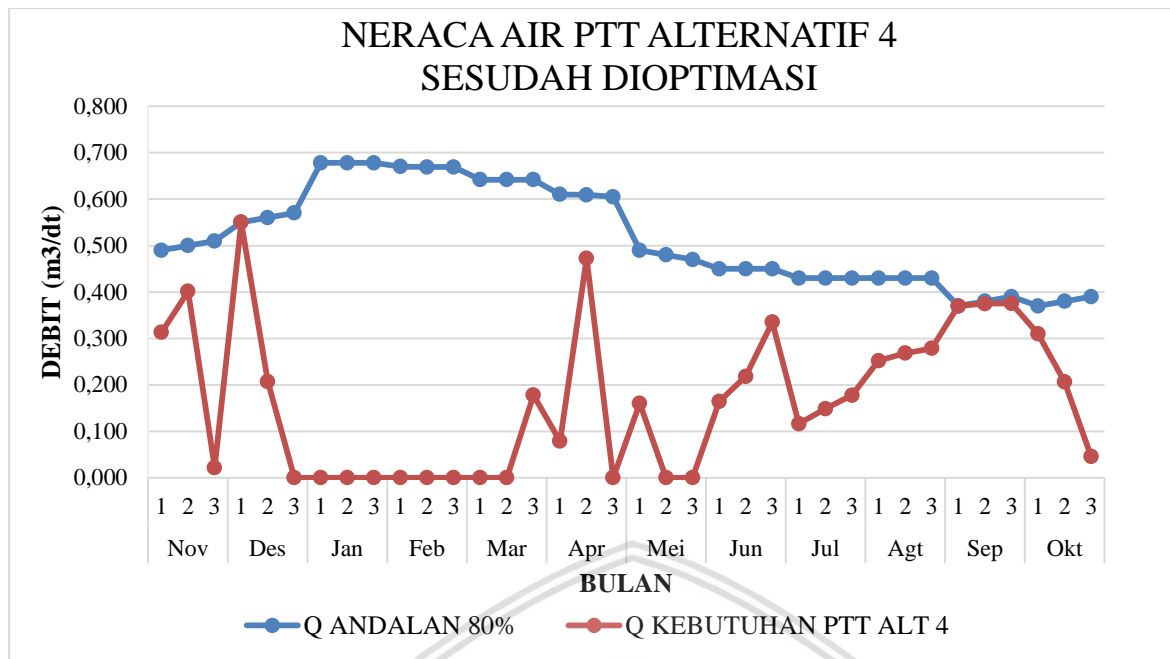
Pada gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh pengaturan luasan lahan tiap tanaman. Kemudian pemilihan jenis tanaman yang tepat pada Musim Kemarau II (MK II) akibat keterbatasan persediaan air irigasi mengubah jenis tanaman dari padi-palawija-tebu menjadi padi-tebu sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada.

Tabel 4.123

Neraca Air PTT Alternatif 4 Berdasarkan Debit Andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 4	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,490	0,313	0,177	Surplus
	2	0,500	0,401	0,099	Surplus
	3	0,510	0,022	0,488	Surplus
Des	1	0,550	0,550	0,000	Surplus
	2	0,560	0,207	0,353	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
Jan	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
Feb	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
Mar	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,178	0,464	Surplus
Apr	1	0,610	0,079	0,531	Surplus
	2	0,609	0,473	0,136	Surplus
	3	0,605	0,000	0,605	Surplus
Mei	1	0,490	0,160	0,330	Surplus
	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
Jun	1	0,450	0,164	0,286	Surplus
	2	0,450	0,218	0,232	Surplus
	3	0,450	0,335	0,115	Surplus
Jul	1	0,430	0,116	0,314	Surplus
	2	0,430	0,149	0,281	Surplus
	3	0,430	0,177	0,253	Surplus
Agt	1	0,430	0,252	0,178	Surplus
	2	0,430	0,268	0,162	Surplus
	3	0,430	0,278	0,152	Surplus
Sep	1	0,370	0,370	0,000	Surplus
	2	0,380	0,375	0,005	Surplus
	3	0,390	0,375	0,015	Surplus
Okt	1	0,370	0,310	0,060	Surplus
	2	0,380	0,206	0,174	Surplus
	3	0,390	0,046	0,344	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.33 Neraca air PTT alternatif 4 berdasarkan debit andalan 80%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh pengaturan luasan lahan tiap tanaman sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada. Kemudian pemilihan jenis tanaman yang tepat pada musim penghujan dan Musim Kemarau I (MK I) akibat pergeseran musim persediaan air irigasi pada awal musim penghujan hingga Musim Kemarau I (MK I) berlebih mengubah jenis tanaman dari padi-palawija-tebu menjadi padi-tebu. Fungsi tujuan dalam optimasi ini memaksimalkan keuntungan hasil produksi pertanian. Untuk itu jika kondisi persediaan air irigasi berlebih diupayakan mengoptimalkan luas tanaman padi dan tanaman tebu yang memberikan hasil produksi pertanian maksimal.

Tabel 4.124

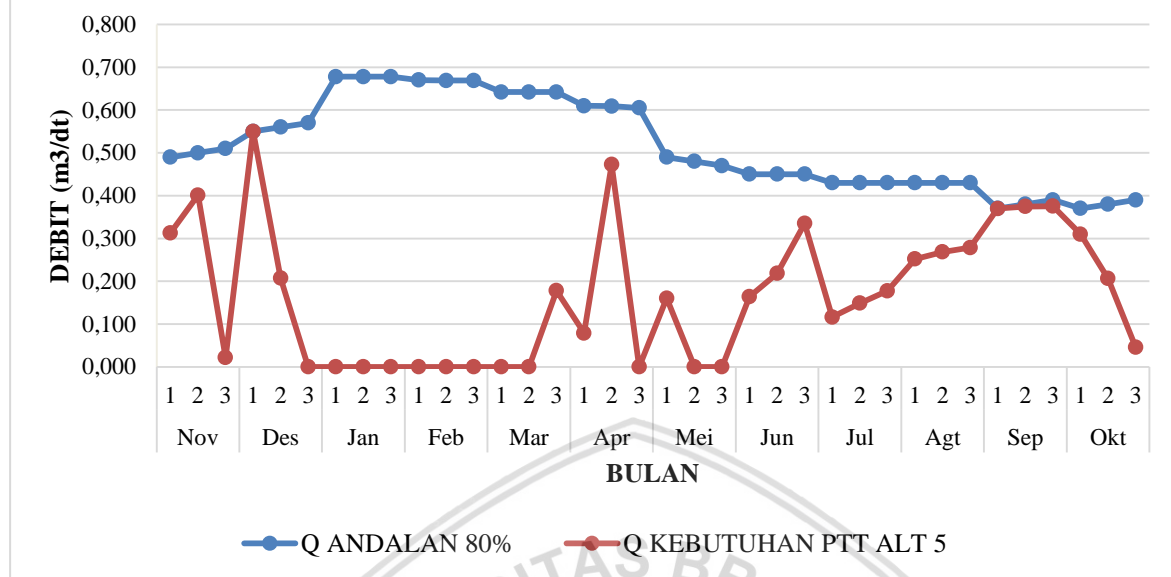
Neraca Air PTT Alternatif 5 Berdasarkan Debit Andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 5	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,490	0,313	0,177	Surplus
	2	0,500	0,401	0,099	Surplus
	3	0,510	0,022	0,488	Surplus
Des	1	0,550	0,550	0,000	Surplus
	2	0,560	0,207	0,353	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
Jan	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
Feb	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
Mar	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,178	0,464	Surplus
Apr	1	0,610	0,079	0,531	Surplus
	2	0,609	0,473	0,136	Surplus
	3	0,605	0,000	0,605	Surplus
Mei	1	0,490	0,160	0,330	Surplus
	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
Jun	1	0,450	0,164	0,286	Surplus
	2	0,450	0,218	0,232	Surplus
	3	0,450	0,335	0,115	Surplus
Jul	1	0,430	0,116	0,314	Surplus
	2	0,430	0,149	0,281	Surplus
	3	0,430	0,177	0,253	Surplus
Agt	1	0,430	0,252	0,178	Surplus
	2	0,430	0,268	0,162	Surplus
	3	0,430	0,278	0,152	Surplus
Sep	1	0,370	0,370	0,000	Surplus
	2	0,380	0,375	0,005	Surplus
	3	0,390	0,375	0,015	Surplus
Okt	1	0,370	0,310	0,060	Surplus
	2	0,380	0,206	0,174	Surplus
	3	0,390	0,046	0,344	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



### NERACA AIR PTT ALTERNATIF 5 SESUDAH DIOPTIMASI



Gambar 4.34 Neraca air PTT alternatif 5 berdasarkan debit andalan 80%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

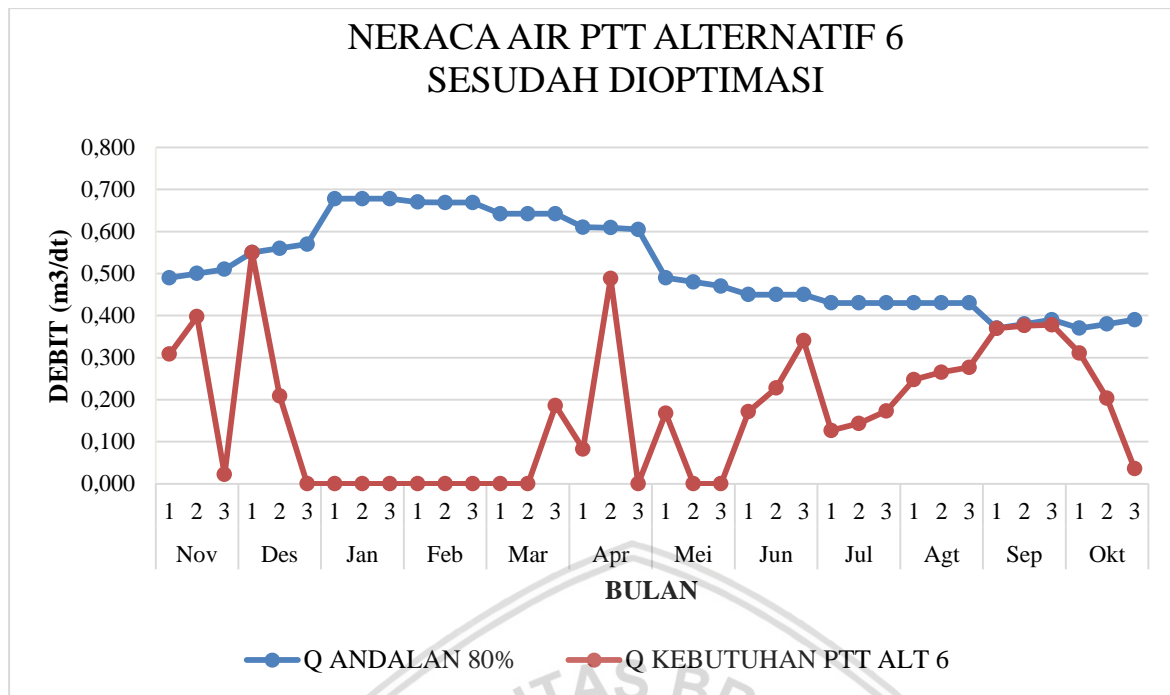
Pada gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh pengaturan luasan lahan tiap tanaman dan pemilihan jenis tanaman yang tepat sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada. Kemudian pemilihan jenis tanaman yang tepat pada Musim Kemarau I (MK I) akibat pergeseran musim persediaan air irigasi pada Musim Kemarau I (MK I) berlebih mengubah jenis tanaman dari padi-palawija-tebu menjadi padi-tebu. Fungsi tujuan dalam optimasi ini memaksimalkan keuntungan hasil produksi pertanian. Untuk itu jika kondisi persediaan air irigasi berlebih diupayakan mengoptimalkan luas tanaman padi dan tanaman tebu yang memberikan hasil produksi pertanian maksimal.

Tabel 4.125

Neraca Air PTT Alternatif 6 Berdasarkan Debit Andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 6	LEBIH (+) KURANG (-)	KONDISI
Nov	1	0,490	0,308	0,182	Surplus
	2	0,500	0,397	0,103	Surplus
	3	0,510	0,022	0,488	Surplus
Des	1	0,550	0,550	0,000	Surplus
	2	0,560	0,209	0,351	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
Jan	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
Feb	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
Mar	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,186	0,456	Surplus
Apr	1	0,610	0,082	0,528	Surplus
	2	0,609	0,488	0,121	Surplus
	3	0,605	0,000	0,605	Surplus
Mei	1	0,490	0,168	0,322	Surplus
	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
Jun	1	0,450	0,172	0,278	Surplus
	2	0,450	0,228	0,222	Surplus
	3	0,450	0,340	0,110	Surplus
Jul	1	0,430	0,127	0,303	Surplus
	2	0,430	0,143	0,287	Surplus
	3	0,430	0,173	0,257	Surplus
Agt	1	0,430	0,248	0,182	Surplus
	2	0,430	0,265	0,165	Surplus
	3	0,430	0,277	0,153	Surplus
Sep	1	0,370	0,369	0,001	Surplus
	2	0,380	0,376	0,004	Surplus
	3	0,390	0,378	0,012	Surplus
Okt	1	0,370	0,311	0,059	Surplus
	2	0,380	0,203	0,177	Surplus
	3	0,390	0,036	0,354	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.35 Neraca air PTT alternatif 6 berdasarkan debit andalan 80%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh pengaturan luasan lahan tiap tanaman dan pemilihan jenis tanaman yang tepat. Kemudian pemilihan jenis tanaman yang tepat pada musim penghujan, Musim Kemarau I (MK I), dan Musim Kemarau II (MK II) akibat pergeseran musim persediaan air irigasi terbatas perlunya mengubah jenis tanaman dari padi-palawija-tebu menjadi padi-palawija sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada.

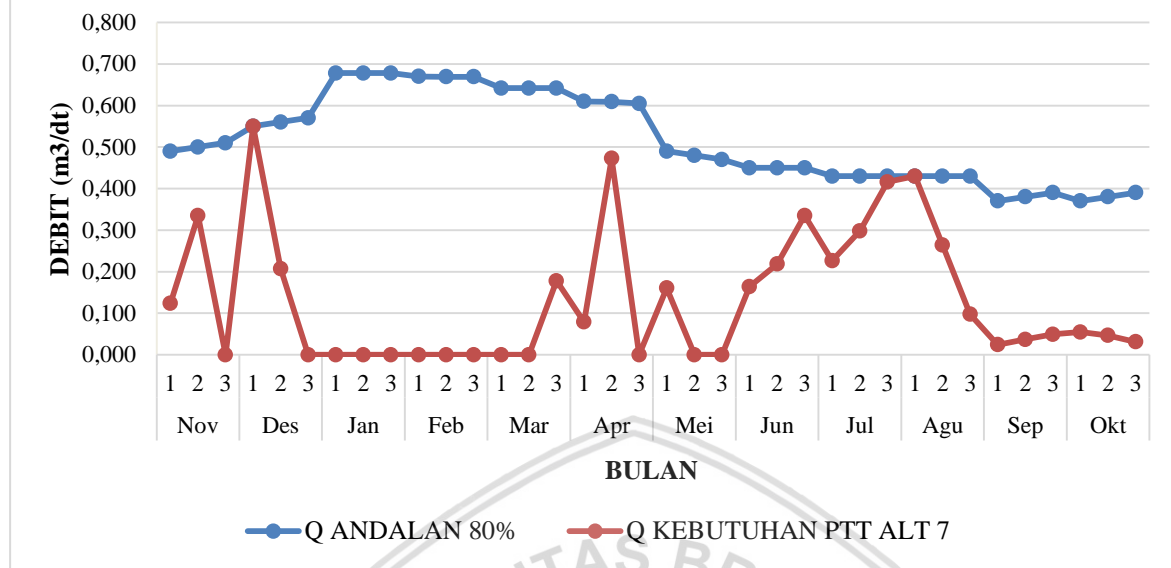
Tabel 4.126

Neraca Air PTT Alternatif 7 Berdasarkan Debit Andalan 80%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 7	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,490	0,119	0,371	Surplus
	2	0,500	0,331	0,169	Surplus
	3	0,510	0,000	0,510	Surplus
Des	1	0,550	0,550	0,000	Surplus
	2	0,560	0,208	0,352	Surplus
	3	0,570	0,000	0,570	Surplus
Jan	1	0,678	0,000	0,678	Surplus
	2	0,678	0,000	0,678	Surplus
	3	0,678	0,000	0,678	Surplus
Feb	1	0,670	0,000	0,670	Surplus
	2	0,669	0,000	0,669	Surplus
	3	0,669	0,000	0,669	Surplus
Mar	1	0,642	0,000	0,642	Surplus
	2	0,642	0,000	0,642	Surplus
	3	0,642	0,184	0,458	Surplus
Apr	1	0,610	0,082	0,528	Surplus
	2	0,609	0,485	0,124	Surplus
	3	0,605	0,000	0,605	Surplus
Mei	1	0,490	0,166	0,324	Surplus
	2	0,480	0,000	0,480	Surplus
	3	0,470	0,000	0,470	Surplus
Jun	1	0,450	0,170	0,280	Surplus
	2	0,450	0,226	0,224	Surplus
	3	0,450	0,340	0,110	Surplus
Jul	1	0,430	0,224	0,206	Surplus
	2	0,430	0,297	0,133	Surplus
	3	0,430	0,418	0,012	Surplus
Agu	1	0,430	0,430	0,000	Surplus
	2	0,430	0,260	0,170	Surplus
	3	0,430	0,089	0,341	Surplus
Sep	1	0,370	0,012	0,358	Surplus
	2	0,380	0,026	0,354	Surplus
	3	0,390	0,040	0,350	Surplus
Okt	1	0,370	0,047	0,323	Surplus
	2	0,380	0,039	0,341	Surplus
	3	0,390	0,024	0,366	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

### NERACA AIR PTT ALTERNATIF 7 SESUDAH DIOPTIMASI



Gambar 4.36 Neraca air PTT alternatif 7 berdasarkan debit andalan 80%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Pada Gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh pengaturan luasan lahan tiap tanaman dan pemilihan jenis tanaman yang tepat. Kemudian pemilihan jenis tanaman yang tepat pada musim penghujan, Musim Kemarau I (MK I), dan Musim Kemarau II (MK II) akibat pergeseran musim persediaan air irigasi terbatas perlunya mengubah jenis tanaman dari padi-palawija-tebu menjadi padi-tebu sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada. Fungsi tujuan dalam optimasi ini memaksimalkan keuntungan hasil produksi pertanian. Untuk itu diupayakan mengoptimalkan luas tanaman padi dan tanaman tebu yang dapat memberikan hasil produksi pertanian maksimal.

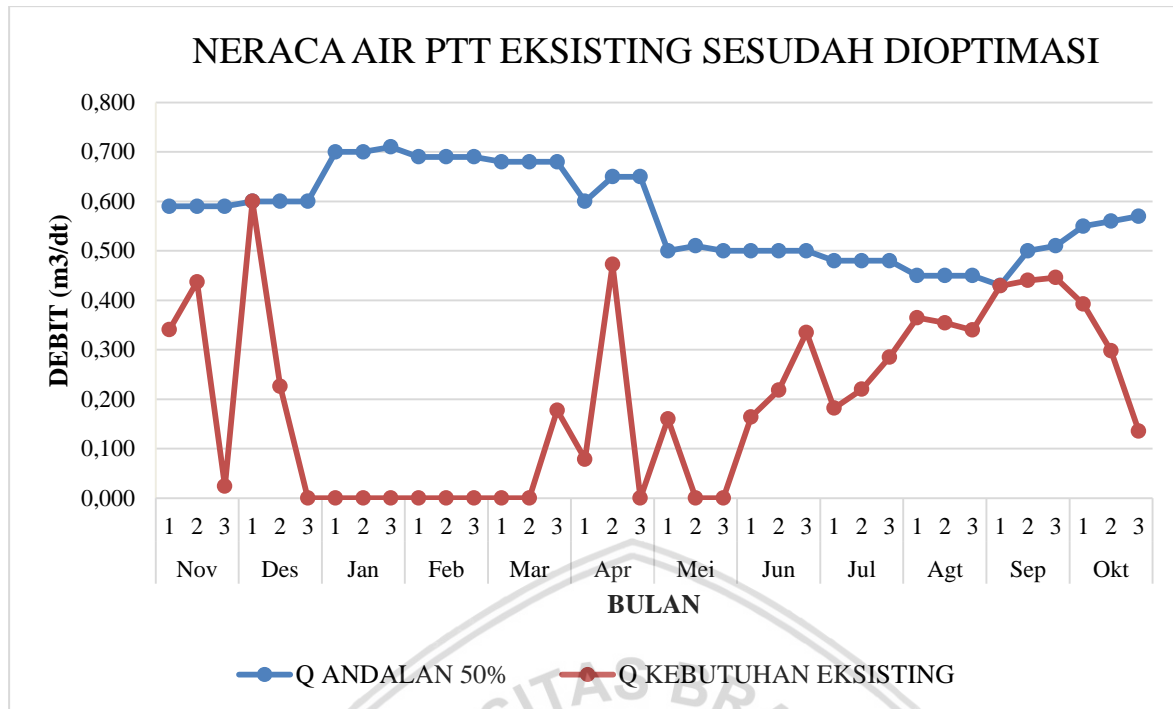
Tabel 4.127

Neraca Air PTT Eksisting Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		50% (m <sup>3</sup> /dt)	EKSISTING	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,590	0,341	0,249	Surplus
	2	0,590	0,437	0,153	Surplus
	3	0,590	0,024	0,566	Surplus
Des	1	0,600	0,600	0,000	Surplus
	2	0,600	0,226	0,374	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
Jan	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
Feb	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
Mar	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,178	0,502	Surplus
Apr	1	0,600	0,079	0,521	Surplus
	2	0,650	0,473	0,177	Surplus
	3	0,650	0,000	0,650	Surplus
Mei	1	0,500	0,160	0,340	Surplus
	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
Jun	1	0,500	0,164	0,336	Surplus
	2	0,500	0,218	0,282	Surplus
	3	0,500	0,335	0,165	Surplus
Jul	1	0,480	0,182	0,298	Surplus
	2	0,480	0,220	0,260	Surplus
	3	0,480	0,285	0,195	Surplus
Agt	1	0,450	0,365	0,085	Surplus
	2	0,450	0,354	0,096	Surplus
	3	0,450	0,340	0,110	Surplus
Sep	1	0,430	0,429	0,001	Surplus
	2	0,500	0,440	0,060	Surplus
	3	0,510	0,446	0,064	Surplus
Okt	1	0,550	0,392	0,158	Surplus
	2	0,560	0,298	0,262	Surplus
	3	0,570	0,136	0,434	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018





Gambar 4.37 Neraca air PTT eksisting berdasarkan debit andalan 50%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

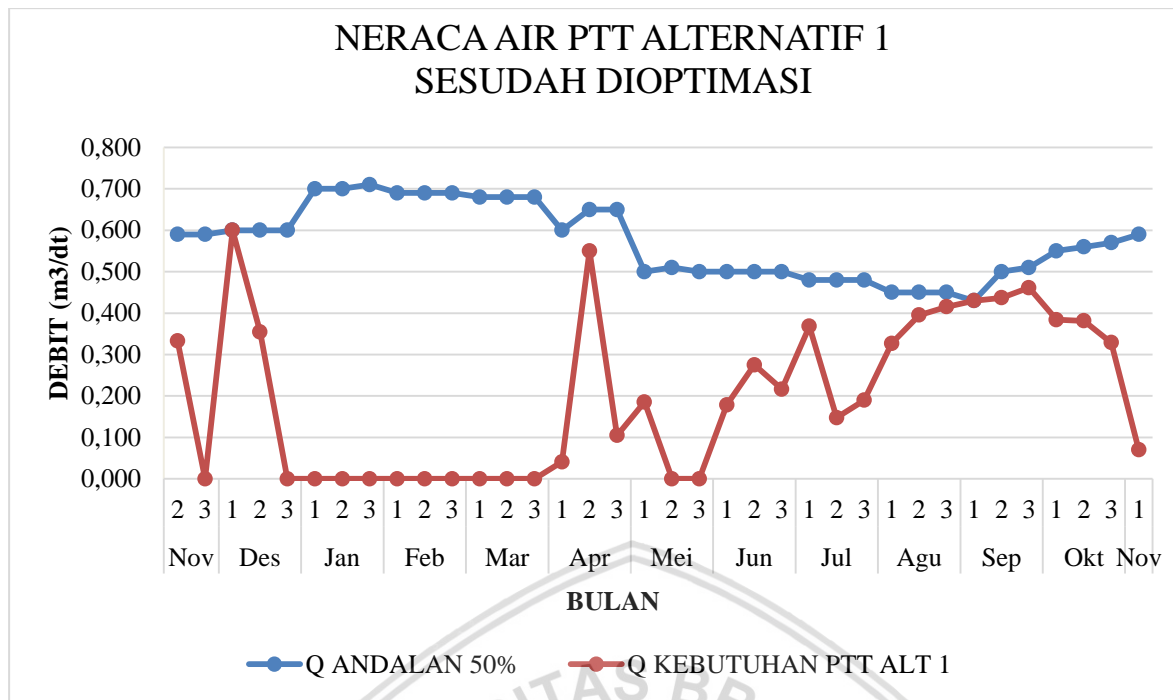
Pada gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh pengaturan luasan lahan tiap tanaman dan jenis tanaman yang tepat sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada.

Tabel 4.128

Neraca Air PTT Alternatif 1 Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 1	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	2	0,590	0,333	0,257	Surplus
	3	0,590	0,000	0,590	Surplus
	1	0,600	0,600	0,000	Surplus
Des	2	0,600	0,354	0,246	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
Jan	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
Feb	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
Mar	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,000	0,680	Surplus
	1	0,600	0,044	0,556	Surplus
Apr	2	0,650	0,594	0,056	Surplus
	3	0,650	0,113	0,537	Surplus
	1	0,500	0,200	0,300	Surplus
Mei	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
	1	0,500	0,184	0,316	Surplus
Jun	2	0,500	0,289	0,211	Surplus
	3	0,500	0,227	0,273	Surplus
	1	0,480	0,397	0,083	Surplus
Jul	2	0,480	0,148	0,332	Surplus
	3	0,480	0,190	0,290	Surplus
	1	0,450	0,327	0,123	Surplus
Agu	2	0,450	0,395	0,055	Surplus
	3	0,450	0,415	0,035	Surplus
	1	0,430	0,430	0,000	Surplus
Sep	2	0,500	0,437	0,063	Surplus
	3	0,510	0,461	0,049	Surplus
	1	0,550	0,384	0,166	Surplus
Okt	2	0,560	0,381	0,179	Surplus
	3	0,570	0,329	0,241	Surplus
	1	0,590	0,070	0,520	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



*Gambar 4.38* Neraca air PTT alternatif 1 berdasarkan debit andalan 50%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh perubahan jadwal tanam, awal masa penyiapan lahan yang berkebutuhan air lebih besar diubah dari bulan November periode I ke bulan November periode II. Selain itu, pengaturan luasan lahan tiap tanaman yang tepat sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada.

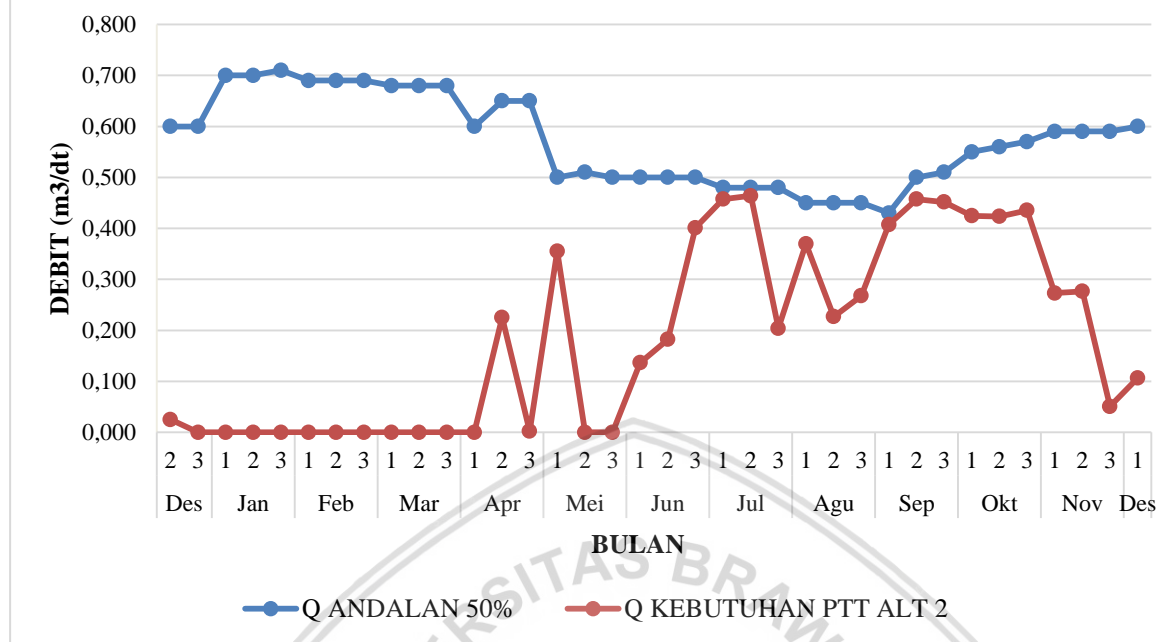
Tabel 4.129

Neraca Air PTT Alternatif 2 Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		80% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 2	LEBIH (+) KURANG (-)	
Des	2	0,600	0,025	0,575	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
Jan	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
Feb	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
Mar	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,000	0,680	Surplus
	1	0,600	0,000	0,600	Surplus
Apr	2	0,650	0,225	0,425	Surplus
	3	0,650	0,002	0,648	Surplus
	1	0,500	0,355	0,145	Surplus
Mei	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
	1	0,500	0,136	0,364	Surplus
Jun	2	0,500	0,182	0,318	Surplus
	3	0,500	0,401	0,099	Surplus
	1	0,480	0,457	0,023	Surplus
Jul	2	0,480	0,464	0,016	Surplus
	3	0,480	0,204	0,276	Surplus
	1	0,450	0,370	0,080	Surplus
Agu	2	0,450	0,227	0,223	Surplus
	3	0,450	0,268	0,182	Surplus
	1	0,430	0,407	0,023	Surplus
Sep	2	0,500	0,457	0,043	Surplus
	3	0,510	0,452	0,058	Surplus
	1	0,550	0,425	0,125	Surplus
Okt	2	0,560	0,423	0,137	Surplus
	3	0,570	0,436	0,134	Surplus
	1	0,590	0,273	0,317	Surplus
Nov	2	0,590	0,276	0,314	Surplus
	3	0,590	0,051	0,539	Surplus
	1	0,600	0,107	0,493	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

### NERACA AIR PTT ALTERNATIF 2 SESUDAH DIOPTIMASI



Gambar 4.39 Neraca air PTT alternatif 2 berdasarkan debit andalan 50%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh perubahan jadwal tanam, awal masa penyiapan lahan yang berkebutuhan air lebih besar diubah dari bulan November periode I ke bulan Desember periode II. Selain itu, pengaturan luasan lahan tiap tanaman yang tepat sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada.

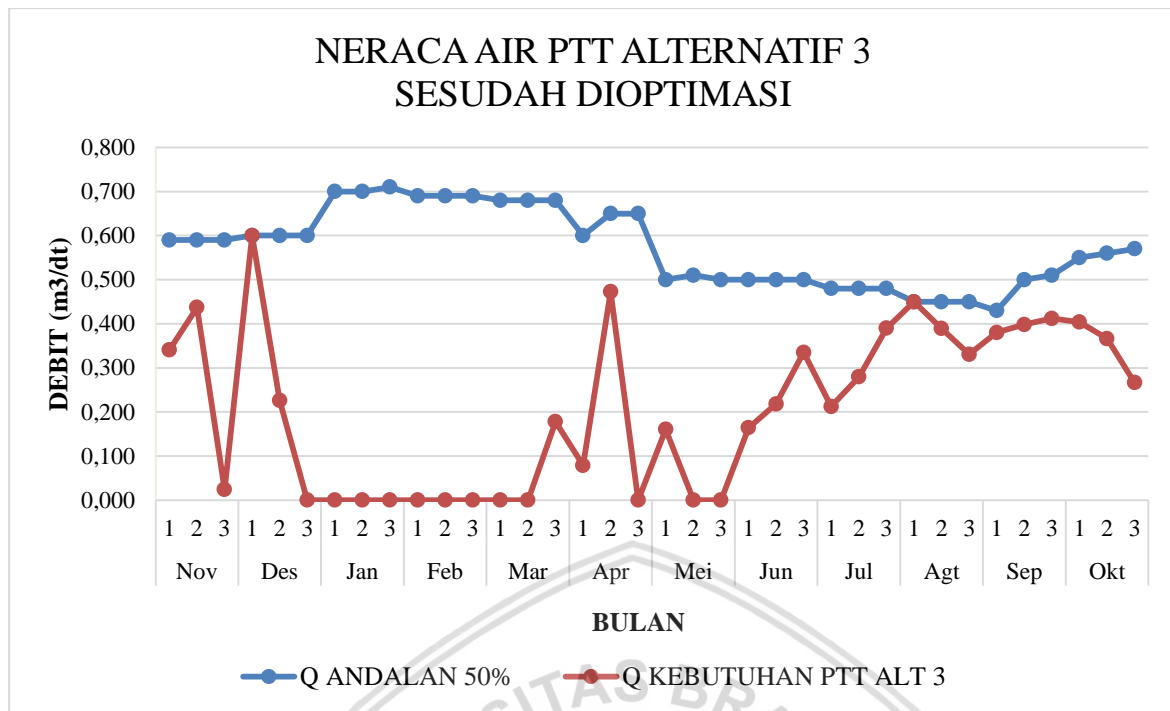
Tabel 4.130

Neraca Air PTT Alternatif 3 Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		50% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 3	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,590	0,341	0,249	Surplus
	2	0,590	0,437	0,153	Surplus
	3	0,590	0,024	0,566	Surplus
Des	1	0,600	0,600	0,000	Surplus
	2	0,600	0,226	0,374	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
Jan	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
Feb	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
Mar	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,178	0,502	Surplus
Apr	1	0,600	0,079	0,521	Surplus
	2	0,650	0,473	0,177	Surplus
	3	0,650	0,000	0,650	Surplus
Mei	1	0,500	0,160	0,340	Surplus
	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
Jun	1	0,500	0,164	0,336	Surplus
	2	0,500	0,218	0,282	Surplus
	3	0,500	0,335	0,165	Surplus
Jul	1	0,480	0,212	0,268	Surplus
	2	0,480	0,279	0,201	Surplus
	3	0,480	0,390	0,090	Surplus
Agt	1	0,450	0,450	0,000	Surplus
	2	0,450	0,389	0,061	Surplus
	3	0,450	0,331	0,119	Surplus
Sep	1	0,430	0,380	0,050	Surplus
	2	0,500	0,398	0,102	Surplus
	3	0,510	0,412	0,098	Surplus
Okt	1	0,550	0,404	0,146	Surplus
	2	0,560	0,366	0,194	Surplus
	3	0,570	0,267	0,303	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018





*Gambar 4.40* Neraca air PTT alternatif 3 berdasarkan debit andalan 50%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh pengaturan luasan lahan tiap tanaman. Kemudian pemilihan jenis tanaman yang tepat pada Musim Kemarau II (MK II) akibat keterbatasan persediaan air irigasi mengubah jenis tanaman dari padi-palawija-tebu menjadi padi-tebu sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada.

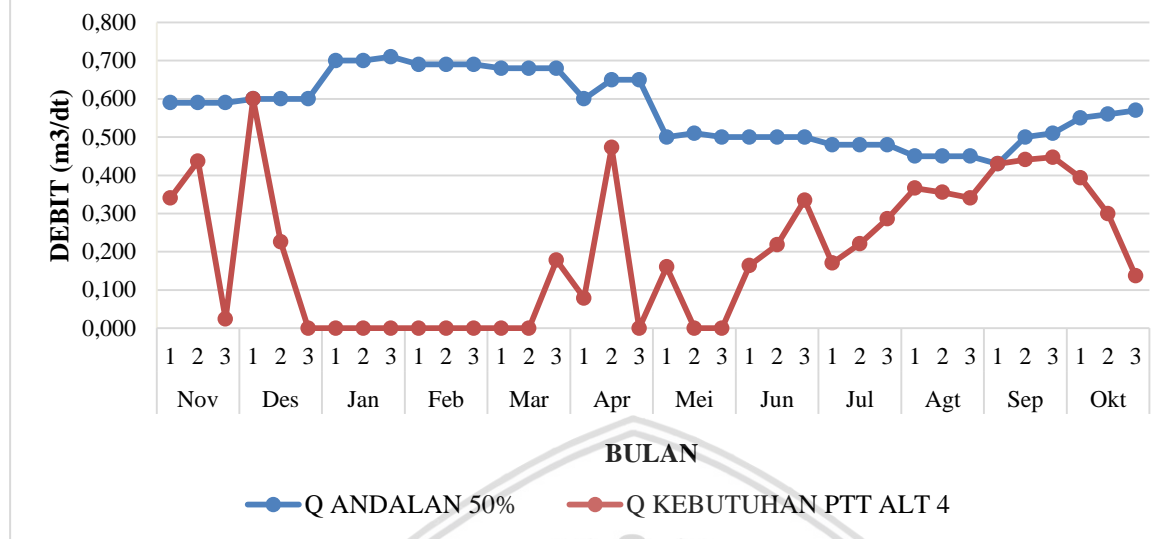
Tabel 4.131

Neraca Air PTT Alternatif 4 Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		50% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 4	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,590	0,341	0,249	Surplus
	2	0,590	0,437	0,153	Surplus
	3	0,590	0,024	0,566	Surplus
Des	1	0,600	0,600	0,000	Surplus
	2	0,600	0,226	0,374	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
Jan	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
Feb	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
Mar	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,178	0,502	Surplus
Apr	1	0,600	0,079	0,521	Surplus
	2	0,650	0,473	0,177	Surplus
	3	0,650	0,000	0,650	Surplus
Mei	1	0,500	0,160	0,340	Surplus
	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
Jun	1	0,500	0,164	0,336	Surplus
	2	0,500	0,218	0,282	Surplus
	3	0,500	0,335	0,165	Surplus
Jul	1	0,480	0,170	0,310	Surplus
	2	0,480	0,221	0,259	Surplus
	3	0,480	0,286	0,194	Surplus
Agt	1	0,450	0,366	0,084	Surplus
	2	0,450	0,355	0,095	Surplus
	3	0,450	0,341	0,109	Surplus
Sep	1	0,430	0,430	0,000	Surplus
	2	0,500	0,441	0,059	Surplus
	3	0,510	0,447	0,063	Surplus
Okt	1	0,550	0,393	0,157	Surplus
	2	0,560	0,299	0,261	Surplus
	3	0,570	0,137	0,433	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

### NERACA AIR PTT ALTERNATIF 4 SESUDAH DIOPTIMASI



Gambar 4.41 Neraca air PTT alternatif 4 berdasarkan debit andalan 50%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh pengaturan luasan lahan tiap tanaman sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada. Kemudian pemilihan jenis tanaman yang tepat pada musim penghujan dan Musim Kemarau I (MK I) akibat pergeseran musim persediaan air irigasi pada awal musim penghujan hingga Musim Kemarau I (MK I) berlebih mengubah jenis tanaman dari padi-palawija-tebu menjadi padi-tebu. Fungsi tujuan dalam optimasi ini memaksimalkan keuntungan hasil produksi pertanian. Untuk itu jika kondisi persediaan air irigasi berlebih diupayakan mengoptimalkan luas tanaman padi dan tanaman tebu yang memberikan hasil produksi pertanian maksimal.

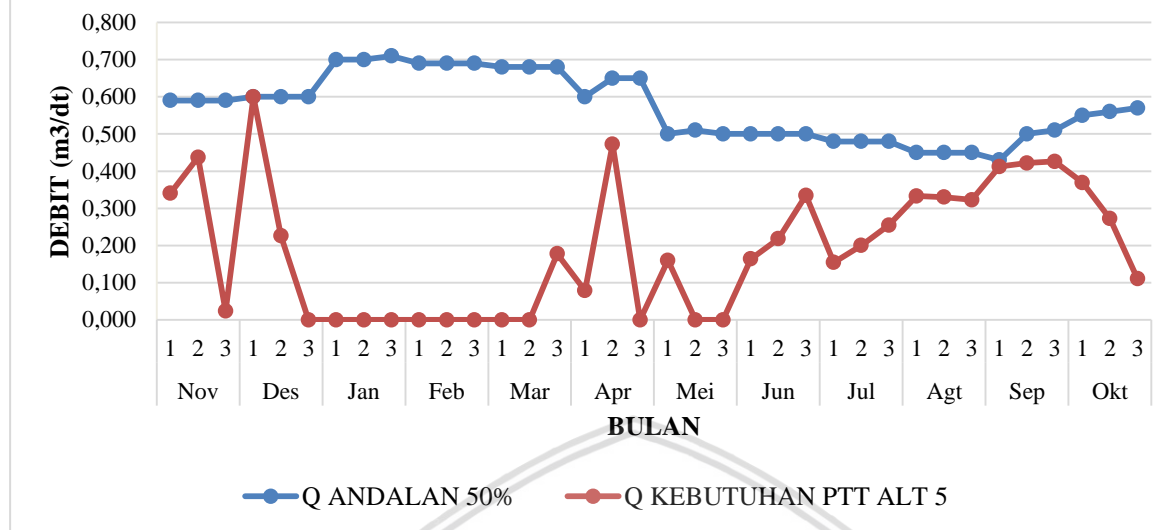
Tabel 4.132

Neraca Air PTT Alternatif 5 Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		50% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 5	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,590	0,341	0,249	Surplus
	2	0,590	0,437	0,153	Surplus
	3	0,590	0,024	0,566	Surplus
Des	1	0,600	0,600	0,000	Surplus
	2	0,600	0,226	0,374	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
Jan	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
Feb	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
Mar	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,178	0,502	Surplus
Apr	1	0,600	0,079	0,521	Surplus
	2	0,650	0,473	0,177	Surplus
	3	0,650	0,000	0,650	Surplus
Mei	1	0,500	0,160	0,340	Surplus
	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
Jun	1	0,500	0,164	0,336	Surplus
	2	0,500	0,218	0,282	Surplus
	3	0,500	0,335	0,165	Surplus
Jul	1	0,480	0,155	0,325	Surplus
	2	0,480	0,200	0,280	Surplus
	3	0,480	0,255	0,225	Surplus
Agt	1	0,450	0,333	0,117	Surplus
	2	0,450	0,330	0,120	Surplus
	3	0,450	0,323	0,127	Surplus
Sep	1	0,430	0,412	0,018	Surplus
	2	0,500	0,422	0,078	Surplus
	3	0,510	0,426	0,084	Surplus
Okt	1	0,550	0,369	0,181	Surplus
	2	0,560	0,272	0,288	Surplus
	3	0,570	0,111	0,459	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

### NERACA AIR PTT ALTERNATIF 5 SESUDAH DIOPTIMASI



Gambar 4.42 Neraca air PTT alternatif 5 berdasarkan debit andalan 50%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh pengaturan luasan lahan tiap tanaman dan pemilihan jenis tanaman yang tepat sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada. Kemudian pemilihan jenis tanaman yang tepat pada Musim Kemarau I (MK I) akibat pergeseran musim persediaan air irigasi pada Musim Kemarau I (MK I) berlebih mengubah jenis tanaman dari padi-palawija-tebu menjadi padi-tebu. Fungsi tujuan dalam optimasi ini memaksimalkan keuntungan hasil produksi pertanian. Untuk itu jika kondisi persediaan air irigasi berlebih diupayakan mengoptimalkan luas tanaman padi dan tanaman tebu yang memberikan hasil produksi pertanian maksimal.

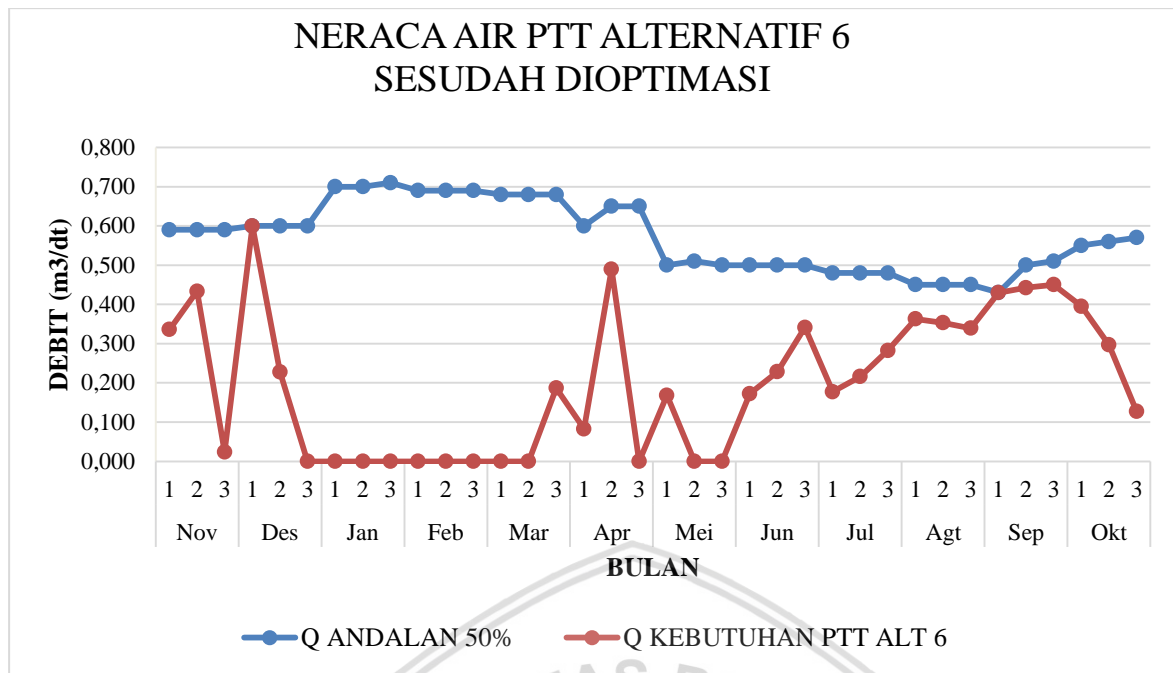
Tabel 4.133

Neraca Air PTT Alternatif 6 Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		50% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 6	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,590	0,336	0,254	Surplus
	2	0,590	0,433	0,157	Surplus
	3	0,590	0,024	0,566	Surplus
Des	1	0,600	0,600	0,000	Surplus
	2	0,600	0,228	0,372	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
Jan	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
Feb	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
Mar	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,187	0,493	Surplus
Apr	1	0,600	0,083	0,517	Surplus
	2	0,650	0,490	0,160	Surplus
	3	0,650	0,000	0,650	Surplus
Mei	1	0,500	0,168	0,332	Surplus
	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
Jun	1	0,500	0,172	0,328	Surplus
	2	0,500	0,228	0,272	Surplus
	3	0,500	0,341	0,159	Surplus
Jul	1	0,480	0,177	0,303	Surplus
	2	0,480	0,216	0,264	Surplus
	3	0,480	0,283	0,197	Surplus
Agt	1	0,450	0,363	0,087	Surplus
	2	0,450	0,353	0,097	Surplus
	3	0,450	0,339	0,111	Surplus
Sep	1	0,430	0,430	0,000	Surplus
	2	0,500	0,443	0,057	Surplus
	3	0,510	0,450	0,060	Surplus
Okt	1	0,550	0,395	0,155	Surplus
	2	0,560	0,297	0,263	Surplus
	3	0,570	0,127	0,443	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018





*Gambar 4.43* Neraca air PTT alternatif 6 berdasarkan debit andalan 50%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

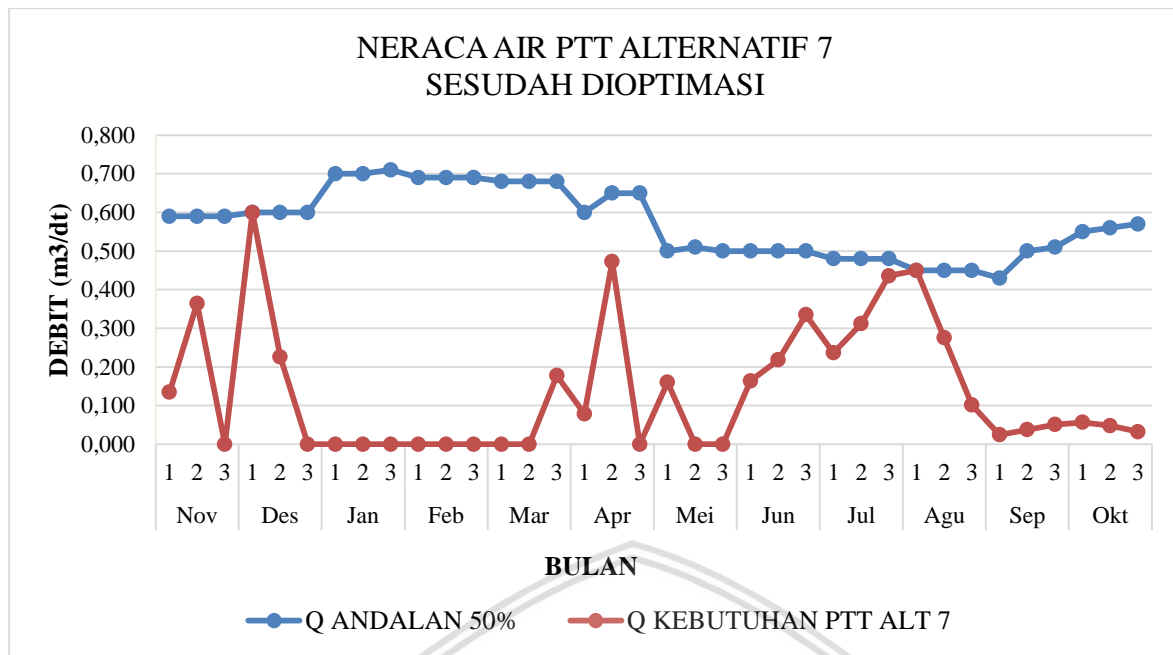
Pada gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh pengaturan luasan lahan tiap tanaman dan pemilihan jenis tanaman yang tepat. Kemudian pemilihan jenis tanaman yang tepat pada musim penghujan, Musim Kemarau I (MK I), dan Musim Kemarau II (MK II) akibat pergeseran musim persediaan air irigasi terbatas perlunya mengubah jenis tanaman dari padi-palawija-tebu menjadi padi-palawija sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada.

Tabel 4.134

Neraca Air PTT Alternatif 7 Berdasarkan Debit Andalan 50%

BULAN	PERIODE	Q ANDALAN	Q KEBUTUHAN IRIGASI (m <sup>3</sup> /dt)		KONDISI
		50% (m <sup>3</sup> /dt)	PTT ALT 7	LEBIH (+) KURANG (-)	
Nov	1	0,590	0,135	0,455	Surplus
	2	0,590	0,365	0,225	Surplus
	3	0,590	0,000	0,590	Surplus
Des	1	0,600	0,600	0,000	Surplus
	2	0,600	0,226	0,374	Surplus
	3	0,600	0,000	0,600	Surplus
Jan	1	0,700	0,000	0,700	Surplus
	2	0,700	0,000	0,700	Surplus
	3	0,710	0,000	0,710	Surplus
Feb	1	0,690	0,000	0,690	Surplus
	2	0,690	0,000	0,690	Surplus
	3	0,690	0,000	0,690	Surplus
Mar	1	0,680	0,000	0,680	Surplus
	2	0,680	0,000	0,680	Surplus
	3	0,680	0,178	0,502	Surplus
Apr	1	0,600	0,079	0,521	Surplus
	2	0,650	0,473	0,177	Surplus
	3	0,650	0,000	0,650	Surplus
Mei	1	0,500	0,160	0,340	Surplus
	2	0,510	0,000	0,510	Surplus
	3	0,500	0,000	0,500	Surplus
Jun	1	0,500	0,164	0,336	Surplus
	2	0,500	0,218	0,282	Surplus
	3	0,500	0,335	0,165	Surplus
Jul	1	0,480	0,237	0,243	Surplus
	2	0,480	0,312	0,168	Surplus
	3	0,480	0,436	0,044	Surplus
Agu	1	0,450	0,450	0,000	Surplus
	2	0,450	0,276	0,174	Surplus
	3	0,450	0,101	0,349	Surplus
Sep	1	0,430	0,024	0,406	Surplus
	2	0,500	0,038	0,462	Surplus
	3	0,510	0,051	0,459	Surplus
Okt	1	0,550	0,057	0,493	Surplus
	2	0,560	0,048	0,512	Surplus
	3	0,570	0,032	0,538	Surplus

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.44 Neraca air PTT alternatif 7 berdasarkan debit andalan 50%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Pada Gambar diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi. Hal ini dikarenakan oleh pengaturan luasan lahan tiap tanaman dan pemilihan jenis tanaman yang tepat. Kemudian pemilihan jenis tanaman yang tepat pada musim penghujan, Musim Kemarau I (MK I), dan Musim Kemarau II (MK II) akibat pergeseran musim persediaan air irigasi terbatas perlunya mengubah jenis tanaman dari padi-palawija-tebu menjadi padi-tebu sehingga kebutuhan air irigasi tidak melebihi ketersediaan air yang ada. Fungsi tujuan dalam optimasi ini memaksimalkan keuntungan hasil produksi pertanian. Untuk itu diupayakan mengoptimalkan luas tanaman padi dan tanaman tebu yang dapat memberikan hasil produksi pertanian maksimal.

#### 4.17. Rekapitulasi Nilai Optimum

##### 4.17.1. Rekapitulasi Kondisi Debit

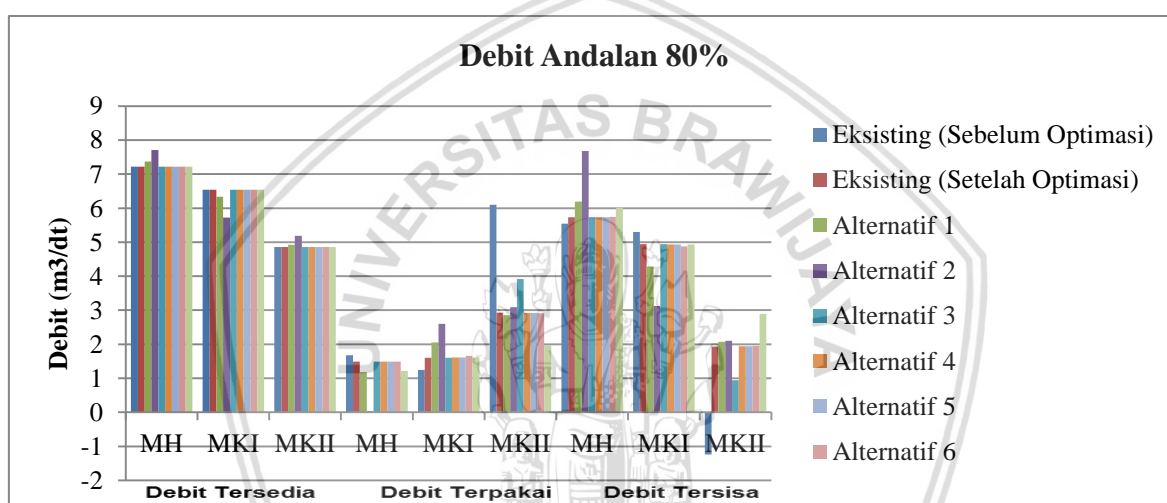
Akibat adanya perubahan jumlah dan pola curah hujan berpengaruh terhadap pengelolaan dan perencanaan air irigasi. Sebelum dilakukan optimasi neraca air tidak seimbang antara kebutuhan air irigasi terhadap ketersediaan air irigasi sehingga mengalami defisit terutama pada musim kemarau yaitu pada debit andalan 80% sebesar  $-1,24 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan debit andalan 50% sebesar  $-0,22 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Sedangkan setelah dilakukan optimasi pola tata tanam eksisting dan beberapa alternatif pola tata tanam lainnya dengan peruntukan luas lahan yang sama debit yang tersedia dapat dimanfaatkan optimal untuk kebutuhan air irigasi di Daerah Irigasi Tanggul seperti dijelaskan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.135

Kondisi Debit Sebelum dan Sesudah Optimasi (Debit Andalan 80%)

Kondisi	Pola Tata Tanam	Debit Tersedia (m <sup>3</sup> /detik)			Debit Terpakai (m <sup>3</sup> /detik)			Debit Tersisa (m <sup>3</sup> /detik)		
		MH	MKI	MKII	MH	MKI	MKII	MH	MKI	MKII
Sebelum Optimasi	Eksisting	7,22	6,54	4,86	1,68	1,24	6,10	5,54	5,30	-1,24
	Eksisting	7,22	6,54	4,86	1,49	1,60	2,93	5,73	4,94	1,93
	Alt 1	7,37	6,33	4,92	1,18	2,05	2,85	6,19	4,28	2,07
	Alt 2	7,71	5,72	5,19	0,03	2,60	3,09	7,68	3,13	2,10
Setelah Optimasi	Alt 3	7,22	6,54	4,86	1,49	1,60	3,92	5,73	4,94	0,94
	Alt 4	7,22	6,54	4,86	1,49	1,61	2,92	5,73	4,93	1,94
	Alt 5	7,22	6,54	4,86	1,49	1,61	2,92	5,73	4,93	1,94
	Alt 6	7,22	6,54	4,86	1,49	1,66	2,91	5,74	4,88	1,95
	Alt 7	7,22	6,54	4,86	1,22	1,61	1,97	6,01	4,93	2,89

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.45 Kondisi debit sebelum dan sesudah optimasi (debit andalan) 80%

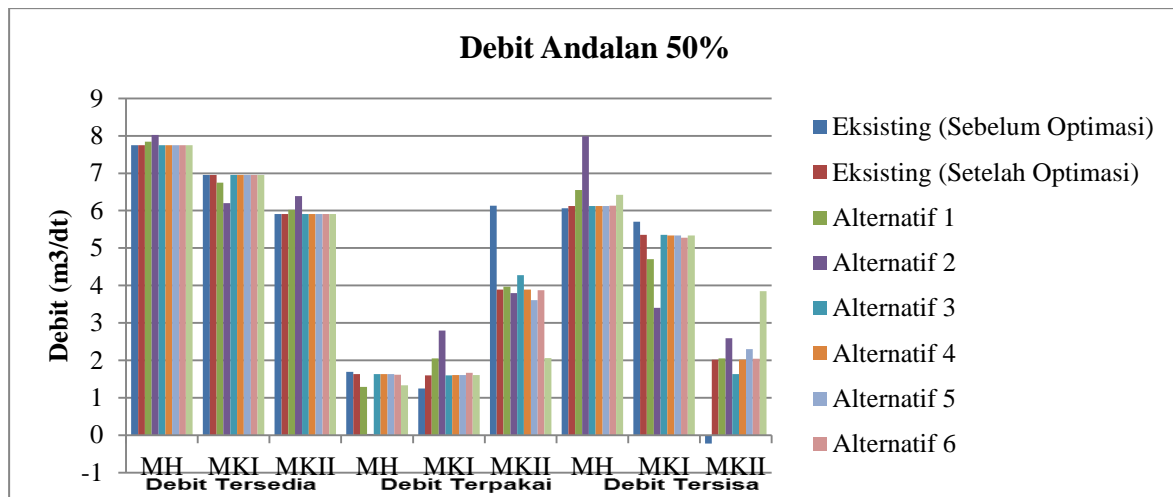
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.136

Kondisi Debit Sebelum dan Sesudah Optimasi (Debit Andalan 50%)

Kondisi	Pola Tata Tanam	Debit Tersedia (m <sup>3</sup> /detik)			Debit Terpakai (m <sup>3</sup> /detik)			Debit Tersisa (m <sup>3</sup> /detik)		
		MH	MKI	MKII	MH	MKI	MKII	MH	MKI	MKII
Sebelum Optimasi	Eksisting	7,75	6,95	5,91	1,69	1,25	6,13	6,06	5,70	-0,22
	Eksisting	7,75	6,95	5,91	1,63	1,60	3,89	6,12	5,35	2,02
	Alt 1	7,84	6,75	6,02	1,29	2,05	3,97	6,55	4,70	2,05
	Alt 2	8,02	6,20	6,39	0,03	2,80	3,80	7,99	3,40	2,59
Setelah Optimasi	Alt 3	7,75	6,95	5,91	1,63	1,60	4,28	6,12	5,35	1,63
	Alt 4	7,75	6,95	5,91	1,63	1,61	3,89	6,12	5,34	2,02
	Alt 5	7,75	6,95	5,91	1,63	1,61	3,61	6,12	5,34	2,30
	Alt 6	7,75	6,95	5,91	1,62	1,67	3,87	6,13	5,28	2,04
	Alt 7	7,75	6,95	5,91	1,33	1,61	2,06	6,42	5,34	3,85

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.46 Kondisi debit sebelum dan sesudah optimasi (debit andalan) 50%  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

#### 4.17.2. Rekapitulasi Luas Tanam

Daerah Irigasi Tanggul memiliki luas baku sawah 728 ha. Dalam permasalahan ini dilakukan dua analisis luas tanam, yakni sebelum dan sesudah dilakukan optimasi dan peruntukan luas lahan yang sama. Hasil optimasi untuk debit andalan 80% (mewakili debit air rendah) yang diperoleh menggunakan bantuan program solver sebagai berikut:

- pola tata tanam eksisting
- pola tata tanam alternatif 1
- pola tata tanam alternatif 2
- pola tata tanam alternatif 5
- pola tata tanam alternatif 6

masing – masing meningkat pada setiap musim tanam dengan memanfaatkan kembali kelebihan air sisa irigasi untuk luas lahan yang ada antara lain, Musim Tanam I (MT I) sebesar 16 ha, Musim Tanam II (MT II) sebesar 55 ha, dan Musim Tanam III (MT III) sebesar 20 ha.

Pada dua alternatif pola tata tanam lain terjadi sebaliknya penurunan luas tanam menyesuaikan ketersediaan air irigasi yang ada pada musim kemarau, misalnya:

- pola tata tanam alternatif 3

Musim Tanam I (MT I) meningkat 16 ha dan Musim Tanam II (MT II) meningkat 55 ha. Sebaliknya, Musim Tanam III (MT III) turun sebesar 299,728 ha terjadi bero.

- pola tata tanam alternatif 4

Musim Tanam I (MT I) terjadi bero 102,406 ha, Musim Tanam II (MT II) naik sebesar 55 ha, dan Musim Tanam III (MT III) meningkat sebesar 20 ha.

- pola tata tanam alternatif 7

Musim Tanam I (MT I) terjadi bero 102,406 ha, Musim Tanam II (MT II) naik sebesar 55 ha, dan Musim Tanam III (MT III) bero sebesar 236,349 ha.

Untuk lebih jelasnya akan di bahas pada Tabel 4.137 berikut ini.

Tabel 4.137

Luas Tanam (Debit Andalan 80%)

Kondisi	PTT	Musim Tanam	Luas Lahan Tanam (Ha)					Total
			Padi	Jagung	Kedelai	Kacang Tanah	Tebu	
Sebelum Optimasi	Eksisting	MT I	653,000	24,000			35,000	712,000
		MT II	537,000		101,000		35,000	673,000
		MT III	549,000			124,000	35,000	708,000
	Eksisting	MT I	574,594	118,406			35,000	728,000
		MT II	692,000		1,000		35,000	728,000
		MT III	55,000			638,000	35,000	728,000
	Alternatif 1	MT I	608,657		84,343		35,000	728,000
		MT II	692,000			1,000	35,000	728,000
		MT III	80,000	613,000			35,000	728,000
	Alternatif 2	MT I	692,000	1,000			35,000	728,000
		MT II	560,000		133,000		35,000	728,000
		MT III	109,000			584,000	35,000	728,000
Setelah Optimasi	Alternatif 3	MT I	574,594	118,406			35,000	728,000
		MT II	692,000			1,000	35,000	728,000
		MT III	373,272				35,000	408,272
	Alternatif 4	MT I	574,594				35,000	609,594
		MT II	693,000				35,000	728,000
		MT III	57,000			636,000	35,000	728,000
	Alternatif 5	MT I	574,594	118,406			35,000	728,000
		MT II	693,000				35,000	728,000
		MT III	57,000			636,000	35,000	728,000
	Alternatif 6	MT I	579,888	148,112			0,000	728,000
		MT II	725,000		3,000		0,000	728,000
		MT III	57,000			671,000	0,000	728,000
	Alternatif 7	MT I	574,594				35,000	609,594
		MT II	693,000				35,000	728,000
		MT III	436,651				35,000	471,651

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Demikian pula hasil optimasi untuk debit andalan 50% (mewakili debit air normal) pada pola tata tanam eksisting, pola tata tanam alternatif 1, pola tata tanam alternatif 2, beserta pola tata tanam alternatif 5, dan pola tata tanam alternatif 6 yang diperoleh menggunakan bantuan program solver meningkat pada Musim Tanam I (MT I) sebesar 16 ha, Musim Tanam II (MT II) sebesar 55 ha, dan Musim Tanam III sebesar 20 ha. Pada tiga alternatif pola tata tanam tertentu terjadi penurunan luas tanam menyesuaikan ketersediaan air irigasi yang ada untuk meminimalisir terjadinya defisit air di musim kemarau dan awal masa tanam. Untuk lebih jelasnya akan di bahas pada Tabel 4.138 berikut ini.



Tabel 4.138

Luas Tanam (Debit Andalan 50%)

Luas Tanam (Deset Areal 50%)			Luas Lahan Tanam (Ha)					
Kondisi	PTT	Musim Tanam	Padi	Jagung	Kedelai	Kacang Tanah	Tebu	Total
Sebelum Optimasi	Eksisting	MT I	653,000	24,000			35,000	712,000
		MT II	537,000		101,000		35,000	673,000
		MT III	549,000			124,000	35,000	708,000
	Eksisting	MT I	627,311	65,689			35,000	728,000
		MT II	692,000		1,000		35,000	728,000
		MT III	200,000			493,000	35,000	728,000
	Alternatif 1	MT I	664,452		28,548		35,000	728,000
		MT II	641,000			52,000	35,000	728,000
		MT III	253,000	440,000			35,000	728,000
	Alternatif 2	MT I	692,000	1,000			35,000	728,000
		MT II	620,000		73,000		35,000	728,000
		MT III	230,000			463,000	35,000	728,000
Setelah Optimasi	Alternatif 3	MT I	627,311	65,689			35,000	728,000
		MT II	692,000			1,000	35,000	728,000
		MT III	408,329				35,000	443,329
	Alternatif 4	MT I	627,311				35,000	662,311
		MT II	693,000				35,000	728,000
		MT III	202,000			491,000	35,000	728,000
	Alternatif 5	MT I	627,311	65,689			35,000	728,000
		MT II	693,000				35,000	728,000
		MT III	160,000			533,000	35,000	728,000
	Alternatif 6	MT I	632,605	95,395			0,000	728,000
		MT II	727,000		1,000		0,000	728,000
		MT III	203,000			525,000	0,000	728,000
	Alternatif 7	MT I	627,311				35,000	662,311
		MT II	693,000				35,000	728,000
		MT III	457,647				35,000	492,647

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

#### 4.17.3. Rekapitulasi Intensitas Tanam

Daerah Irigasi Tanggul yang memiliki luas 728 ha terbagi menjadi 28 petak tersier. Setiap petak tersier dengan luasan lahan yang berbeda dan jarak yang berbeda-beda dari Bendung Tanggul. Selain ketersediaan air yang ada, faktor jarak ini yang berpengaruh terhadap hasil optimasi. Ada prioritas untuk mengairi petak tersier sehingga ketersediaan air yang ada masih dapat mampu memenuhi kebutuhan air irigasi yang ditentukan. Prioritas tersebut adalah mengairi petak tersier yang terdekat dari pintu pengambilan. Sehingga petak tersier terjauh dari pintu pengambilan terkadang nampak tidak ditanami.

Total intensitas tanam pada pola tata tanam eksisting di Daerah Irigasi Tanggul sebelum dilakukan optimasi adalah 287,5% per tahun. Intensitas tanam tersebut dikategorikan baik untuk kinerja daerah irigasi tersebut disebabkan lebih besar dari 250% per tahun.

Setelah dilakukan optimasi untuk debit andalan 80% (debit air rendah) dan 50% (debit air normal), intensitas tanam pada pola tata tanam alternatif 1, pola tata tanam alternatif 2, beserta pola tata tanam alternatif 5, dan pola tata tanam alternatif 6 yang diperoleh menggunakan bantuan program solver meningkat 300% per tahun. Pada tiga alternatif pola tata tanam tertentu terjadi penurunan intensitas tanam. Namun masih dikategorikan baik untuk kinerja daerah irigasi.

Tabel 4.139

Intensitas Tanam (Debit Andalan 80%)

Kondisi	PTT	Musim Tanam	Intensitas Tanam (%)					Total Per Musim	Total Per Tahun
			Padi	Jagung	Kedelai	Kacang Tanah	Tebu		
Sebelum Optimasi	Eksisting	MT I	89,70	3,30			4,81	97,80	287,50
		MT II	73,76		13,87		4,81	92,45	
		MT III	75,41			17,03	4,81	97,25	
	Eksisting	MT I	78,93	16,26			4,81	100,00	300,00
		MT II	95,05		0,14		4,81	100,00	
		MT III	7,55			87,64	4,81	100,00	
	Alternatif 1	MT I	83,61		11,59		4,81	100,00	300,00
		MT II	88,05			7,14	4,81	100,00	
		MT III	10,99	84,20			4,81	100,00	
	Alternatif 2	MT I	95,05	0,14			4,81	100,00	300,00
		MT II	76,92		18,27		4,81	100,00	
		MT III	14,97			80,22	4,81	100,00	
Setelah Optimasi	Alternatif 3	MT I	78,93	16,26			4,81	100,00	256,08
		MT II	95,05			0,14	4,81	100,00	
		MT III	51,27				4,81	56,08	
	Alternatif 4	MT I	78,93				4,81	83,74	283,74
		MT II	95,19				4,81	100,00	
		MT III	7,83			87,36	4,81	100,00	
	Alternatif 5	MT I	78,93	16,26			4,81	100,00	300,00
		MT II	95,19				4,81	100,00	
		MT III	7,83			87,36	4,81	100,00	
	Alternatif 6	MT I	79,65	20,35			0,00	100,00	300,00
		MT II	99,59		0,41		0,00	100,00	
		MT III	7,83			92,17	0,00	100,00	
	Alternatif 7	MT I	78,93				4,81	83,74	248,52
		MT II	95,19				4,81	100,00	
		MT III	59,98				4,81	64,79	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.140  
Intensitas Tanam (Debit Andalan 50%)

Kondisi	PTT	Musim Tanam	Intensitas Tanam (%)					Total Per Musim	Total Per Tahun
			Padi	Jagung	Kedelai	Kacang Tanah	Tebu		
Sebelum Optimasi	Eksisting	MT I	89,70	3,30	0,00	0,00	4,81	97,80	287,50
		MT II	73,76	0,00	13,87	0,00	4,81	92,45	
		MT III	75,41	0,00	0,00	17,03	4,81	97,25	
	Eksisting	MT I	86,17	9,02	0,00		4,81	100,00	300,00
		MT II	95,05	0,00	0,14		4,81	100,00	
		MT III	27,47			67,72	4,81	100,00	
	Alternatif 1	MT I	91,27		3,92		4,81	100,00	300,00
		MT II	95,05			0,14	4,81	100,00	
		MT III	34,75	60,44			4,81	100,00	
Setelah Optimasi	Alternatif 2	MT I	95,05	0,14			4,81	100,00	300,00
		MT II	85,16		10,03		4,81	100,00	
		MT III	31,59			63,60	4,81	100,00	
	Alternatif 3	MT I	86,17	9,02			4,81	100,00	260,90
		MT II	95,05			0,14	4,81	100,00	
		MT III	56,09				4,81	60,90	
	Alternatif 4	MT I	86,17				4,81	90,98	290,98
		MT II	95,19				4,81	100,00	
		MT III	27,75			67,45	4,81	100,00	
	Alternatif 5	MT I	86,17	9,02			4,81	100,00	300,00
		MT II	95,19				4,81	100,00	
		MT III	21,98			73,21	4,81	100,00	
	Alternatif 6	MT I	86,90	13,10			0,00	100,00	300,00
		MT II	99,86		0,14		0,00	100,00	
		MT III	27,88			72,12	0,00	100,00	
	Alternatif 7	MT I	86,17				4,81	90,98	258,65
		MT II	95,19				4,81	100,00	
		MT III	62,86				4,81	67,67	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

#### 4.17.4. Rekapitulasi Keuntungan Hasil Pertanian

Keuntungan maksimal hasil produksi pertanian eksisting sebelum dilakukan optimasi menggunakan bantuan program *solver* sebagai berikut.

Tabel 4.141  
Rekapitulasi Keuntungan Hasil Produksi Pertanian Sebelum Optimasi

Musim Tanam	Keuntungan (Rp)				Total Per Tahun
	Padi	Palawija	Tebu	Total Per Musim	
MT I	36.115.797.500	240.120.000	1.220.625.000	37.576.542.500	102.484.462.500
MT II	29.700.127.500	826.685.000	1.220.625.000	31.747.437.500	
MT III	30.363.817.500	1.576.040.000	1.220.625.000	33.160.482.500	

Sumber: Dinas Pertanian Kabupaten Pasuruan, 2018

Tabel 4.142

Rekapitulasi Keuntungan Hasil Produksi Pertanian Maksimal Setelah Optimasi (Debit Andalan 80%)

PTT	Musim	Keuntungan Per Musim (Rp)						Keuntungan Per Tahun (Rp)
	Tanam	Padi	Jagung	Kedelai	Kacang Tanah	Tebu	Total	
Eksisting	MT I	Rp 31.779.379.761	Rp 1.184.648.031			Rp 1.220.625.000	Rp 34.184.652.792	
	MT II	Rp 38.272.790.000		Rp 8.185.000		Rp 1.220.625.000	Rp 39.501.600.000	Rp 86.057.770.292
	MT III	Rp 3.041.912.500			Rp 8.108.980.000	Rp 1.220.625.000	Rp 12.371.517.500	
Alternatif 1	MT I	Rp 33.663.297.634		Rp 690.347.365		Rp 1.220.625.000	Rp 35.574.269.999	
	MT II	Rp 38.272.790.000			Rp 12.710.000	Rp 1.220.625.000	Rp 39.506.125.000	Rp 86.858.684.999
	MT III	Rp 4.424.600.000	Rp 6.133.065.000			Rp 1.220.625.000	Rp 11.778.290.000	
Alternatif 2	MT I	Rp 38.272.790.000	Rp 10.005.000			Rp 1.220.625.000	Rp 39.503.420.000	
	MT II	Rp 30.972.200.000		Rp 1.088.605.000		Rp 1.220.625.000	Rp 33.281.430.000	Rp 87.456.632.500
	MT III	Rp 6.028.517.500			Rp 4.780.040.000	Rp 1.220.625.000	Rp 12.029.182.500	
Alternatif 3	MT I	Rp 31.779.379.761	Rp 1.184.648.031			Rp 1.220.625.000	Rp 34.184.652.792	
	MT II	Rp 38.272.790.000			Rp 12.710.000	Rp 1.220.625.000	Rp 39.506.125.000	Rp 95.551.639.230
	MT III	Rp 20.644.761.438				Rp 1.220.625.000	Rp 21.865.386.438	
Alternatif 4	MT I	Rp 31.779.379.761				Rp 1.220.625.000	Rp 33.000.004.761	
	MT II	Rp 38.328.097.500				Rp 1.220.625.000	Rp 39.548.722.500	Rp 85.005.439.761
	MT III	Rp 3.152.527.500			Rp 8.083.560.000	Rp 1.220.625.000	Rp 12.456.712.500	
Alternatif 5	MT I	Rp 31.779.379.761	Rp 1.184.648.031			Rp 1.220.625.000	Rp 34.184.652.792	
	MT II	Rp 38.328.097.500				Rp 1.220.625.000	Rp 39.548.722.500	Rp 86.190.087.792
	MT III	Rp 3.152.527.500			Rp 8.083.560.000	Rp 1.220.625.000	Rp 12.456.712.500	
Alternatif 6	MT I	Rp 32.072.140.459	Rp 1.481.863.292			Rp -	Rp 33.554.003.750	
	MT II	Rp 40.097.937.500		Rp 24.555.000		Rp -	Rp 40.122.492.500	Rp 85.357.433.750
	MT III	Rp 3.152.527.500			Rp 8.528.410.000	Rp -	Rp 11.680.937.500	
Alternatif 7	MT I	Rp 31.779.379.761				Rp 1.220.625.000	Rp 33.000.004.761	
	MT II	Rp 38.328.097.500				Rp 1.220.625.000	Rp 39.548.722.500	Rp 97.919.438.642
	MT III	Rp 24.150.086.381				Rp 1.220.625.000	Rp 25.370.711.381	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.143

Rekapitulasi Keuntungan Hasil Produksi Pertanian Maksimal Setelah Optimasi (Debit Andalan 50%)

PTT	Musim		Keuntungan Per Musim (Rp)					Keuntungan Per Tahun (Rp)
	Tanam	Padi	Jagung	Kedelai	Kacang Tanah	Tebu	Total	
Eksisting	MT I	Rp34.695.028.894	Rp657.213.785			Rp1.220.625.000	Rp36.572.867.679	Rp94.622.622.679
	MT II	Rp38.272.790.000		Rp8.185.000		Rp1.220.625.000	Rp39.501.600.000	
	MT III	Rp11.061.500.000			Rp6.266.030.000	Rp1.220.625.000	Rp18.548.155.000	
Alternatif 1	MT I	Rp36.749.157.325		Rp233.668.586		Rp1.220.625.000	Rp38.203.450.912	Rp95.152.725.912
	MT II	Rp35.452.107.500			Rp660.920.000	Rp1.220.625.000	Rp37.333.652.500	
	MT III	Rp13.992.797.500	Rp4.402.200.000			Rp1.220.625.000	Rp19.615.622.500	
Alternatif 2	MT I	Rp38.272.790.000	Rp10.005.000			Rp1.220.625.000	Rp39.503.420.000	Rp95.438.280.000
	MT II	Rp34.290.650.000		Rp597.505.000		Rp1.220.625.000	Rp36.108.780.000	
	MT III	Rp12.720.725.000			Rp3.789.655.000	Rp1.220.625.000	Rp17.731.005.000	
Alternatif 3	MT I	Rp34.695.028.894	Rp657.213.785			Rp1.220.625.000	Rp36.572.867.679	Rp99.878.755.235
	MT II	Rp38.272.790.000			Rp12.710.000	Rp1.220.625.000	Rp39.506.125.000	
	MT III	Rp22.583.662.556				Rp1.220.625.000	Rp23.804.287.556	
Alternatif 4	MT I	Rp34.695.028.894				Rp1.220.625.000	Rp35.915.653.894	Rp94.097.726.394
	MT II	Rp38.328.097.500				Rp1.220.625.000	Rp39.548.722.500	
	MT III	Rp11.172.115.000			Rp6.240.610.000	Rp1.220.625.000	Rp18.633.350.000	
Alternatif 5	MT I	Rp34.695.028.894	Rp657.213.785			Rp1.220.625.000	Rp36.572.867.679	Rp92.965.845.179
	MT II	Rp38.328.097.500				Rp1.220.625.000	Rp39.548.722.500	
	MT III	Rp8.849.200.000			Rp6.774.430.000	Rp1.220.625.000	Rp16.844.255.000	
Alternatif 6	MT I	Rp34.987.789.591	Rp954.429.046				Rp35.942.218.637	Rp94.059.128.637
	MT II	Rp40.208.552.500		Rp8.185.000			Rp40.216.737.500	
	MT III	Rp11.227.422.500			Rp6.672.750.000		Rp17.900.172.500	
Alternatif 7	MT I	Rp34.695.028.894				Rp1.220.625.000	Rp35.915.653.894	Rp101.996.294.103
	MT II	Rp38.328.097.500				Rp1.220.625.000	Rp39.548.722.500	
	MT III	Rp25.311.292.709				Rp1.220.625.000	Rp26.531.917.709	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

#### 4.18. Pemilihan Alternatif

Perubahan ini dalam bentuk perubahan awal tanam, jenis tanaman, dan pengaturan luas tanam untuk mengoptimalkan intensitas tanam dan memaksimalkan keuntungan hasil produksi pertanian digunakan sebagai pemilihan alternatif pola tata tanam terbaik seperti berikut ini.

Tabel 4.144

Rekapitulasi Skor Pemilihan Alternatif (Debit Andalan 80%)

PTT	Musim	Luas Lahan Tanam (Ha)				Intensitas	Total	Keuntungan	Skoring
	Tanam	Padi	Palawija	Tebu	Total	(%)	(%)	(Rp)	
Alternatif 7	MT I	574,594	0,000	35,000	609,594	83,735			
	MT II	693,000	0,000	35,000	728,000	100,000	248,523	97.919.438.642	1
	MT III	436,651	0,000	35,000	471,651	64,787			
Alternatif 3	MT I	574,594	118,406	35,000	728,000	100,000			
	MT II	692,000	1,000	35,000	728,000	100,000	256,081	95.556.164.230	2
	MT III	373,272	0,000	35,000	408,272	56,081			
Alternatif 2	MT I	692,000	1,000	35,000	728,000	100,000			
	MT II	560,000	133,000	35,000	728,000	100,000	300,000	87.456.632.500	3
	MT III	109,000	584,000	35,000	728,000	100,000			
Alternatif 1	MT I	608,657	84,343	35,000	728,000	100,000			
	MT II	692,000	1,000	35,000	728,000	100,000	300,000	86.858.684.999	4
	MT III	80,000	613,000	35,000	728,000	100,000			
Alternatif 5	MT I	574,594	118,406	35,000	728,000	100,000			
	MT II	693,000	0,000	35,000	728,000	100,000	300,000	86.190.087.792	5
	MT III	57,000	636,000	35,000	728,000	100,000			
Eksisting	MT I	574,594	118,406	35,000	728,000	100,000			
	MT II	692,000	1,000	35,000	728,000	100,000	300,000	86.057.752.185	6
	MT III	55,000	638,000	35,000	728,000	100,000			
Alternatif 6	MT I	579,888	148,112	0,000	728,000	100,000			
	MT II	725,000	3,000	0,000	728,000	100,000	300,000	85.357.433.750	7
	MT III	57,000	671,000	0,000	728,000	100,000			
Alternatif 4	MT I	574,594	0,000	35,000	609,594	83,735			
	MT II	693,000	0,000	35,000	728,000	100,000	283,735	85.005.439.761	8
	MT III	57,000	636,000	35,000	728,000	100,000			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari beberapa alternatif pola tata tanam, pola tata tanam terpilih yakni pola tata tanam alternatif 2 memiliki total intensitas tanam peningkatan tertinggi sebesar 300% dengan keuntungan hasil produksi pertanian maksimal yang meningkat mencapai Rp 87.456.632.500. Pola tata tanam alternatif 2 dilakukan perubahan dalam bentuk pergeseran awal tanam menyesuaikan pergeseran musim (bulan Desember, periode II). Ditinjau dari segi memaksimalkan keuntungan hasil produksi pertanian pola tata tanam terbaik yaitu pola tata tanam alternatif 7. Namun tidak terpilih akibat penurunan intensitas tanam.



Tabel 4.145

## Rekapitulasi Skor Pemilihan Alternatif (Debit Andalan 50%)

PTT	Musim	Luas Lahan Tanam (Ha)				Intensitas (%)	Total (%)	Keuntungan (Rp)	Skoring
	Tanam	Padi	Palawija	Tebu	Total				
Alternatif 7	MT I	627,311	0,000	35,000	662,311	90,977	258,648	101.996.294.103	1
	MT II	693,000	0,000	35,000	728,000	100,000			
	MT III	457,647	0,000	35,000	492,647	67,671			
Alternatif 3	MT I	627,311	65,689	35,000	728,000	100,000	260,897	99.878.755.235	2
	MT II	692,000	1,000	35,000	728,000	100,000			
	MT III	408,329	0,000	35,000	443,329	60,897			
Alternatif 2	MT I	692,000	1,000	35,000	728,000	100,000	300,000	95.438.280.000	3
	MT II	620,000	73,000	35,000	728,000	100,000			
	MT III	230,000	463,000	35,000	728,000	100,000			
Alternatif 1	MT I	664,452	28,548	35,000	728,000	100,000	300,000	95.152.725.912	4
	MT II	692,000	1,000	35,000	728,000	100,000			
	MT III	253,000	440,000	35,000	728,000	100,000			
Eksisting	MT I	627,311	65,689	35,000	728,000	100,000	300,000	94.622.622.679	5
	MT II	692,000	1,000	35,000	728,000	100,000			
	MT III	200,000	493,000	35,000	728,000	100,000			
Alternatif 4	MT I	627,311	0,000	35,000	662,311	90,977	290,977	94.097.726.394	6
	MT II	693,000	0,000	35,000	728,000	100,000			
	MT III	202,000	491,000	35,000	728,000	100,000			
Alternatif 6	MT I	632,605	95,395	0,000	728,000	100,000	300,000	94.059.128.637	7
	MT II	727,000	1,000	0,000	728,000	100,000			
	MT III	203,000	525,000	0,000	728,000	100,000			
Alternatif 5	MT I	627,311	65,689	35,000	728,000	100,000	300,000	92.965.845.179	8
	MT II	693,000	0,000	35,000	728,000	100,000			
	MT III	160,000	533,000	35,000	728,000	100,000			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari beberapa alternatif pola tata tanam, pola tata tanam terpilih yakni pola tata tanam alternatif 2 memiliki total intensitas tanam peningkatan tertinggi sebesar 300% dengan keuntungan hasil produksi pertanian maksimal yang meningkat mencapai Rp 95.438.280.000. Pola tata tanam alternatif 2 dilakukan perubahan dalam bentuk pergeseran awal tanam menyesuaikan pergeseran musim (bulan Desember, periode II). Ditinjau dari segi memaksimalkan keuntungan hasil produksi pertanian pola tata tanam terbaik yaitu pola tata tanam alternatif 7. Namun tidak terpilih akibat penurunan intensitas tanam dari kondisi eksisting.

Jika dibandingkan pemilihan alternatif untuk debit andalan 80% dan debit andalan 50%. Maka yang dijadikan acuan pola tata tanam alternatif terpilih yaitu, pola tata tanam yang mewakili kondisi debit air normal. Pola tata tanam yang dipilih yaitu padi, palawija (jagung), tebu- padi, palawija (kedelai), tebu- padi, palawija (kacang tanah), tebu dilakukan perubahan jadwal tanam (bulan Desember, periode II) menghasilkan intensitas tanam selama satu tahun sebesar 300% dengan keuntungan sebesar Rp.95.438.280.000.

#### 4.19. Sistem Pemberian Air Irigasi

Pengambilan debit air di Kali Tanggul merupakan debit andalan 50% untuk keperluan irigasi yang dianggap mendekati/mewakili debit-debit yang sudah ada di Daerah Irigasi Tanggul selama 10 tahun terakhir (2007-2016). Berdasarkan analisis hasil neraca air, dilakukan analisis sistem pemberian air di Daerah Irigasi Tanggul dikarenakan neraca air untuk debit andalan 50% masih belum seimbang.

Oleh karena itu, petak tersier yang terbagi menjadi tiga blok (Blok A, B, C). Pemberian air dilakukan dengan sistem rotasi dibedakan menjadi tiga keadaan, yaitu:

1. Jika debit tersedia  $> 80\%$  debit maksimum pemberian air dapat dilakukan secara terus menerus.

2. Rotasi 1

Jika debit tersedia 50%-80% debit maksimum maka pemberian air dengan satu blok tidak diairi, dua blok diairi.

3. Rotasi 2

Jika debit tersedia  $< 50\%$  debit maksimum maka pemberian air dengan dua blok tidak diairi, satu blok diairi.

Sistem pemberian air rotasi dipakai di jaringan irigasi selama debit rendah untuk mengatasi kehilangan air yang lebih tinggi. Sejumlah petak (kwarter, tersier) dapat digabungkan menjadi satu blok giliran. Sistem pemberian air secara bergantian menurut bagian daerah atau blok tertentu dalam jadwal tertentu dan jangka waktu tertentu yang telah ditentukan sesuai gilirannya.

Contoh pemberian air dir di bulan November:

Diketahui:

Blok A = 223 ha

Blok B = 286 ha

Blok C = 219 ha

Periode I, lama pemberian air  $= \frac{223+286}{223+286+219} 24 \text{ jam} = 50,34 \text{ jam}$

Periode II, lama pemberian air  $= \frac{223+219}{223+286+219} 24 \text{ jam} = 43,71 \text{ jam}$

Periode III, lama pemberian air  $= \frac{286+219}{223+286+219} \frac{168}{2} = 49,94 \text{ jam}$

Sistem pemberian air ditampilkan pada penjelasan berikut ini.

**HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN**



Tabel 4.147

Jadwal Pemberian Air Irigasi Sistem Rotasi

Jadwal Pemberian Air Irigasi					
(Bulan Mei-September)			(Bulan Oktober-Maret)		
Rotasi I 50%<Q<80%			Countinous Flow (Terus Menerus) Q>80%		
Hari	Jam	Petak Yang Dialiri	Hari	Jam	Petak Yang Dialiri
Senin	06.00 – 23.00	Blok A+B+C	Senin-Minggu	06.00- 06.00	Blok A+B+C
Selasa	06.00 – 23.00	Blok A+B+C			
Rabu	06.00 – 23.00	Blok A+B+C			
Kamis	06.00 – 23.00	Blok A+B+C			
Jumat	06.00 – 23.00	Blok A+B+C			
Sabtu	06.00 – 23.00	Blok A+B+C			
Minggu	06.00 – 23.00	Blok A+B+C			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



**HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN**



## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Optimasi pemanfaatan air irigasi di Daerah Irigasi Tanggul Kabupaten Pasuruan akibat adanya pergeseran musim menggunakan program linier dimaksudkan untuk membandingkan bagaimana perbedaan hasil optimasi akibat adanya pergeseran musim. Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari analisis sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Neraca air di Daerah Irigasi Tanggul menunjukkan bahwa masih terjadi kekurangan air terhadap kebutuhan air irigasi. Kondisi neraca air sebelum adanya pergeseran musim adalah sebagai berikut:

- Debit andalan 80% (mewakili debit air rendah)

Pola tata tanam eksisting defisit sebesar 27,8% (10 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus sebesar 72,2% (26 kejadian defisit dari total 36 kejadian).

- Debit andalan 50% (mewakili debit air normal)

Pola tata tanam eksisting defisit sebesar 25% (9 kejadian defisit dari total 36 kejadian). Kondisi surplus sebesar 75% (27 kejadian defisit dari total 36 kejadian).

Kondisi neraca air akibat adanya pergeseran musim setelah dilakukan optimasi adalah sebagai berikut:

- Debit andalan 80% (mewakili debit air rendah) dan 50% (mewakili debit air normal) setelah dilakukan optimasi, ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi berdasarkan pola tata tanam eksisting dan beberapa pola tata tanam alternatif lainnya.

2. Luas tanam optimum pola tata tanam eksisting di Daerah Irigasi Tanggul dengan perubahan alternatif pola tata tanam akibat adanya pergeseran musim, hasil optimasi untuk debit andalan 80% (debit air rendah) dan 50% (debit air normal) pada Pola Tata Tanam Eksisting – Pola Tata Tanam Alternatif 2 beserta Pola Tata Tanam Alternatif 5 – Pola Tata Tanam Alternatif 6 yang diperoleh menggunakan bantuan program solver meningkat pada Musim Tanam I (MT I) sebesar 16 ha, Musim Tanam II (MT II) sebesar 55 ha, dan Musim Tanam III sebesar 20 ha. Pada tiga alternatif pola tata tanam tertentu terjadi penurunan luas tanam menyesuaikan ketersediaan air irigasi yang ada.



3. Intensitas tanam pada pola tata tanam eksisting dan alternatif pola tata tanam lainnya di Daerah Irigasi Tanggul akibat adanya pergeseran musim setelah dilakukan optimasi diantaranya sebagai berikut:

- Hasil optimasi untuk debit andalan 80% (debit air rendah)  
Sebelum optimasi intensitas tanam eksisting 287,50%. Setelah dioptimasi, intensitas tanam eksisting beserta intensitas tanam alternatif 1 dan 2 sebesar 300%. Intensitas tanam alternatif 3 dan 4 yaitu 256,08% dan 283,74%. Intensitas tanam alternatif 5 dan 6 kembali menjadi 300%. Namun pada intensitas tanam alternatif 7 hanya sebesar 248,52%.
- Hasil optimasi untuk debit andalan 50% (debit air normal)  
Sebelum optimasi intensitas tanam eksisting 287,50%. Setelah dioptimasi, intensitas tanam eksisting beserta intensitas tanam alternatif 1 dan 2 sebesar 300%. Intensitas tanam alternatif 3 dan 4 yaitu 260,90% dan 290,98%. Intensitas tanam alternatif 5 dan 6 kembali menjadi 300%. Namun pada intensitas tanam alternatif 7 hanya sebesar 258,65%.

## 5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan kepada instansi terkait yakni Dinas Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan berdasarkan hasil perhitungan dan analisis dalam pengerjaan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Akibat adanya pergeseran musim penghujan dan musim kemarau di Kabupaten Pasuruan, perlu dilakukan penyesuaian pola tata tanam diantaranya perubahan awal masa tanam, luas tanam, maupun jenis tanaman untuk menyeimbangkan neraca air sehingga bisa menghasilkan keuntungan produksi yang lebih maksimal.
2. Perlu dilakukan survei lebih lanjut apabila ada potensi perluasan lahan sehingga kelebihan air dapat dimanfaatkan kembali lebih maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asri Marwan dan Widayat Wahyu. (1984). *Linear Programming*. Yogyakarta : BPFE
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2017). *Prakiraan Awal Musim Kemarau dan Musim Penghujan*. Jakarta : Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2017). *Buletin Pemantauan Ketahanan Pangan*. Vol.7. Hal.1-16. Jakarta : Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika
- Balitbangtan. 2013. *Upaya Adaptasi Perubahan Iklim Melalui Kalender Tanam Terpadu*. Balikpapan : Balitbangtan
- Bardan, Mochammad. (2014). *Irigasi*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Dayantolis, Wan. (2016). *Penentuan Normal Musim Di Indonesia Berdasarkan Frekuensi Curah Hujan Bulanan*. Jakarta : Pusat Perubahan Iklim BMKG
- Ditjen Sumber Daya Air. (2013). *Kriteria Perencanaan Irigasi 01*. Jakarta : Ditjen sumber Daya Air
- Edison, Hukom. (2012). *Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Optimasi Ketersediaan Air di Daerah Irigasi Way Mital Provinsi Maluku*. Tesis tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya
- Febrianto, Dedy. (2014). *Rencana Penjadwalan Pembagian Air Irigasi Daerah Irigasi Paguyaman Kanan Kabupaten Boalemo Provinsi Gorontalo*. Tesis tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya
- Hadisusanto, Nugroho. (2011). *Aplikasi Hidrologi*. Malang : Jogja Media Utama
- Indarto. (2012). *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta : Bumi Aksara
- Kunaifi, A. A. (2010). *Pola Penyediaan Air DI. Tibunangka dengan Sumur Renteng pada Sistem Suplesi Renggung*. Tesis tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya
- Limantara, LM. (2010). *Hidrologi Praktis*. Bandung : Lubuk Agung
- Limantara, LM dan Soetopo, W. (2011). *Manajemen Sumber Daya Air*. Bandung : Lubuk Agung
- Limantara, LM dan Soetopo, W. (2009). *Manajemen Sumber Daya Air Lanjut*. Malang : Citra Malang
- Limantara, LM. (2008). *Pengaruh Perubahan Cuaca terhadap Optimasi Irigasi dengan Program Linier*. Malang : Citra Malang
- Mawardi, Muhjidin. (2016). *Irigasi Asas dan Praktek*. Yogyakarta : Bursa Ilmu
- Pramudia, dkk. (2013). *Fenomena dan Perubahan Iklim Indonesia serta Pemanfaatan Informasi Iklim untuk Kalender Tanam*. Tesis tidak dipublikasikan
- Purba, Jhon H. (2011). *Kebutuhan dan Cara Pemberian Air Irigasi untuk Tanaman Padi Sawah*. Jurnal Sains dan Teknologi. Vol. 10. No. 3. Hal 145-155
- Sarjani. (2009). *Cuaca dan Iklim*. Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan
- Serang, Rudi. (2012). *Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Optimasi Ketersediaan Air Di Daerah Irigasi Golek Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang dengan Mempergunakan Program Linier*. Tesis tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya

- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Bandung : Nova
- Soewarno. (2000). *Hidrologi Operasional*. Bandung : PT. Citra Aditya Bakti
- Soemarto. (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya : Usaha Nasional
- Soetopo, W. (2012). *Model-Model Simulasi Stokastik untuk Sistem Sumber Daya Air*. Malang : Citra Malang
- Sosrodarsono, S dan Takeda, K. (1976). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta : PT. Paradyna Paramita
- Suhardjono. (1994). *Kebutuhan Air Tanaman*. Malang : Institut Teknologi Nasional
- Wirosoedarmo, R. (1985). *Dasar-Dasar Irigasi pertanian*. Malang : Universitas Brawijaya

